das elektron

das elektron

elektro- und radiotechnische monatshefte



HEFT 10

Oesterreichische Rundfunkempfänger 1948—49

Firma	Type — Name	Schaltung	Kreise gesamt	Kreise veränd.	Bestückung	Bereiche	Stromart	Spannungen	ZF	Gehäuse	Preis S	Bemerkung
EUMIG	321 W	Super	6	2	ECH 4, ECH 4, EBL 1, AZ 1	15—30 30—50 200—600	W	110, 220	468	Holz	1096,—	KW-Bänder, gedehnt
	321 GW	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N), UM 4	15—30 30—50 200—600	GW	90, 110, 125, 150, 220	468	Holz	1230,—	KW-Bänder, gedehnt
	447 U	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	KW, MW, LW	GW	110—220	468	Holz	930,—	
HORNY	W 248 U Pronto	Klein-super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	15—52 190—590 740—2000	GW	110, 120	452	Holz	990,—	Zwergsuper
	W 348 A — Virtuoso	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, AZ 1, UM 4,	15—51 185—590 740—2000	W	110,125,150, 220, 240	468	Holz	1550,—	ZF-Saugkreis
	W 348 U — Virtuoso				UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N), UM 4		GW	110, 150, 220			1520,—	
	Maestro	Groß-super	6	2	ECH 4, ECH 4, EBL 1, AZ 1, UM 4	12,5—20,2 m 16,5—26,4 m 21—32,2 m 32—50 m 187—590 m 740—1980 m	W	110,125,150, 220, 240	468	Holz	2250,—	NF-Gegenkopplung m. Baß- u. Höhen-korrektur
INGELEN	49 GW Columbus	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	200—600 26,5—51 14—27,5	GW	110, 125, 150, 220	452	Holz	1260,—	
	49 – 5 GW	Super	7	3	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UM 4, UY 1 (N)	15—51 200—585 750—2000	GW	110, 125, 150, 220	452	Holz	1560,—	Spartrafo
KAPSCH	Mucki	Geradeaus-Empfänger	1	1	UCH 4, VY 2	MW	GW	110 (125)	—	Holz mit Kunstlederbezug	395,—	150 u. 220 V m. Vorschalt-widerstand, Kleinstempf.
	Melodion	Klein-super	6	2	UCH 21, UCH 21, UBL 21, UY 1 (N)	KW, MW, LW	GW	125, 220	468	Holz	990,—	
	Akkord	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	KW, MW, LW	GW	117, 220	468	Holz	1285,—	
	Magic	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N), UM 4	KW, MW, LW	GW	117, 220	468	Holz	1590,—	KW-Mikroskop 1:5
MINERVA	Atout	Kleinst-super	5	2	UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	*)	GW	125—220	468	Holz	760,—	*) 4 MW-Stationen rastb.
	Minola	Klein-super	6	2	UCH 21, UCH 21, UBL 21, UY 1 (N)	KW, MW, LW	GW	110, 220	452	Kunststoff	1120,—	Auch mit U 4 bzw. 1 Serie
	Gloriette	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, VY 1 (N), UM 4	KW, MW, LW	GW	110, 220	468	Holz	1700,—	
	700-Belvedere	Groß-super	7	3	UCH 4, UCH 4, UCH 4, UBL 1, UM 4, UY 1 (N)	5xKW, MW, LW	GW	120, 150, 220	468	Holz	2680,—	Doppelüberl.
	702 U	Groß-super	7	3	2xUCH 4, EF 11, 2xEB 11, 2 UBL 1, 2xUY 1 (N), UM 4	5xKW, MW, LW	GW	100—240 W 220 G	468	Holz	3550,—	Doppelüberl. u. 2 Lautspr.

das elektron

elektro- und radiotechnische monatshefte

Heft 10, Jahrgang 1948

Herausgeber: Ing. Hugo Kirnbauer, Linz Landstraße 9, Tel. 21450, 38166. Postanschrift: Linz, Landstraße 9

ZÜRICH—WIEN

H. K. Man könnte den September als den Monat der Radioschauen bezeichnen. Es liegt ja auch nichts näher, als im Herbst, kurz vor dem Anbruch der langen Winterabende, dem Beginn der Haupthörsaison, der staunenden Oeffentlichkeit und dem fachkundigen Publikum die neuesten Rundfunkgeräte vorzustellen. So sind die Schweizerische Radioausstellung in Zürich und die Radioschau auf der Wiener Herbstmesse fast schon Tradition geworden. Ich hatte nun das Glück, diese beiden Großschauen der Radioindustrie persönlich besuchen zu dürfen. Zürich—Wien, zwei Welten, zwei Ausstellungen unter gänzlich verschiedenen Bedingungen. Während in Zürich das Tor zur übrigen Welt weit offen stand und Geräte aus aller Herren Länder gezeigt wurden, stellte Wien mit zwei Ausnahmen nur heimische Geräte aus. Es ist natürlich schwer, unter der ungeheuren Fülle das Interessanteste herauszugreifen. Die folgenden Seiten sollen nur kleine Streiflichter auf Einzelgeräte sein, die aufgefallen sind. Zürich stand ganz im Zeichen der Frequenzmodulation und des Fernsehens, das übrigens schon eine erstaunliche Güte erreicht hat. Zwei Kilometer vom Stadtzentrum entfernt wurde ein Fernseh-Sender aufgestellt, der zu bestimmten Tagesstunden sein Programm ausstrahlte, das dann von in einem besonderen Saal der Radioschau aufgestellten Empfängern, die mit Bildprojektion arbeiteten, wiedergegeben wurde. Die Bildfläche hatte die Ausmaße von 40×50 cm. Das Bild eines Empfängers konnte von ungefähr 20 Personen gleichzeitig betrachtet werden. Auffallend war auch die große Anzahl der vorgeführten Gegensprech-FM-UKW-Anlagen. In den meisten Fällen wurden Wechselgespräche mit in Zürich herumfahrenden Autos durchgeführt. Auch diese Vorführungen bewiesen, daß derartige Anlagen schon längst aus dem Versuchsstadium heraus und zum praktischen Gebrauch für die Oeffentlichkeit reif sind. Die Einführung derartiger Anlagen ist, außer dem Problem der Genehmigung und Frequenzzuteilung, lediglich eine Frage der wirtschaftlichen Rentabilität. Doch kehren wir von Zürich nach Wien zurück. Hier überraschte die Qualität des Gebotenen wirklich. Es ist heute kein Schlagwort mehr, wenn man behauptet, daß die österreichische Radioindustrie auf dem besten Wege ist, ihren alten Ruf wieder zu erlangen. Es sei hier nur am Rand vermerkt, daß z. B. der altbewährte Radione-Heim- und Auto-Empfänger R 2 noch nicht seinesgleichen am Auslandsmarkt hat und noch immer einer der begehrtesten Spezialempfänger am Schweizer Markt ist. Allerdings muß erwähnt werden, daß durch den verhältnismäßig hohen offiziellen Kurs des Schillings gegenüber dem Schweizer Franken und dem Dollar alle österr. Empfänger im Ausland ziemlich teuer kommen. Dieser offizielle Umrechnungskurs ist ja auch der Grund, warum unsere Industrie im Export so ungeheuer gehemmt ist. Es ließe sich noch viel über die beiden Großschauen der Radioindustrie berichten, aber, aber, Sie, lieber Leser, kennen ja das alte Lied, das schlicht und einfach „Platzmangel" heißt. Es ist trotz erweiterten Umfanges noch immer der Alpdruck eines jeden Chefredakteurs, der bemüht ist, seinen Lesern das Höchstausmaß an interessantem und aktuellem Material zu bieten. Nicht vergessen soll aber noch werden, daß neben Zürich und Wien noch Düsseldorf die Dritte im Bunde sein sollte. Leider wurde aber, sozusagen noch in letzter Minute, die „Funkausstellung Düsseldorf" abgeblasen und auf nächstes Jahr verschoben.

INHALTSVERZEICHNIS:

Allen Menschen recht getan, ist eine Kunst, die keiner kann. Die Fülle des redaktionellen Materials zwang uns wieder einmal, verschiedene Fortsetzungsartikel (Elektrokurs usw.) zu unterbrechen. Sie sind doch sicherlich nicht böse darüber, denn dieses Heft spricht wieder für sich. Haben wir nicht recht?

Beachten Sie die gelben Seiten 323 bis 326, die Sie über eine interessante Umwälzung in der Radiotechnik informieren.

BEZUGSBEDINGUNGEN:

Einzelheft S 3,—

Abonnement: ½ Jahr S 18,— Inklusive Porto
Auslandspreis S 3,50

Bestellungen sind an den Generalvertrieb für das In- und Ausland Hausruckverlag G. A. J. Neumann Linz an der Donau, Landstraße 9 zu richten

Unser Titelbild

Dieses neue Tischmikrophon der Firma Henry war auf der Wiener Herbstmesse 1948 zu sehen.

DAS *interessiert* AUCH SIE!

● Die erst jetzt bekannt gewordenen Einzelheiten zeigen, welch ungeheure Schwierigkeiten bei der Konstruktion des amerikanischen Radarzünders (siehe auch „das elektron", Heft 5, Seite 138) zu überwinden waren. Beschleunigungsstöße von 100 000 × g und Erwärmungen mußten ausgehalten werden, die zum Beispiel bei einer 450-kg-Bombe bei einer Endgeschwindigkeit von 300 Meter pro Sekunde einer Heizleistung von 1356 kW entsprachen. Die Funktion des Zünders beruht auf dem Doppler-Effekt. Der in den Radarzünder eingebaute Oszillator schwingt auf kürzester Welle und wird bei Annäherung an ein Ziel durch die reflektierte Eigenwelle moduliert. Wenn das Maß der Modulation einen gewissen Grad erreicht hat, zündet ein Thyratron und innerhalb 5 Millisekunden löst der Zünder aus. Zur Stromversorgung des ganzen Gerätchens dienen kleine, luftangetriebene Wechselstromdynamos mit einer Umdrehungszahl bis 125 000 pro Minute und Selengleichrichter.

● Für den technischen Kaufmann ist es vielleicht interessant, zu wissen, wie sehr die äußere Aufmachung eines Rundfunkempfängers zu dessen Verkauf beiträgt. Ein erstklassiger österreichischer Empfänger der Produktion 1948 war durch sein vielleicht ein bißchen ungewöhnliches Aussehen fast nicht zu verkaufen. Da entschloß sich die Erzeugerfirma, einfach zwei Zierleisten zusätzlich an der ein wenig nackt geratenen Lautsprecherverkleidung anzubringen und — siehe da, seit dieser „Aenderung" wird das Gerät „rasend" gekauft. Des Menschen Wille ist sein Himmelreich!

● Die Hamburger Zeitschrift „Funk-Technik" erscheint nunmehr im Eigenverlag ihres Herausgebers und Chefredakteurs Ing. H. Zimmermann. Ab 1. Oktober l. J. wird sie ihren Namen in „Funk-Praxis", Zeitschrift für Funktechnik, ändern.

● In der Zeit vom 5. bis 8. Oktober findet in Wuppertal die Jahresversammlung des VDE statt. Wuppertal ist übrigens auch der Erscheinungsort der Zeitschrift des VDE, der „ETZ" (Elektrotechnische Zeitschrift), die vom VDE der britischen und der amerikanischen Zone Deutschlands gemeinsam herausgegeben wird.

● Zur Messung der Schallgeschwindigkeit nach dem Laufzeitverfahren wird der von einem Lautsprecher abgestrahlte sinusförmige Ton (4 bis 5 kHz) von einem auf Schienen beweglichen Mikrophon aufgefangen und oszillographiert. Auf dem gleichen Oszillographenschirm wird mittels eines zweiten Systems die dem Lautsprecher zugeführte Wechselspannung aufgezeichnet und die Verschiebung beider Aufzeichnungen gegeneinander, bei einer Bewegung des Mikrophons um 2 m, gemessen. Zur besseren Markierung der Maxima werden die Sinusschwingungen vor dem Oszillographen in Impulsfolgen verwandelt. Diese Mitteilung verdanken wir einem Aufsatz der Zeitschrift „Nature", der in den „Physikalischen Berichten" referiert wurde.

● Wie der Erdöl-Dienst meldet, hat ein im zweiten Weltkriege entwickeltes Zielfernrohr für Scharfschützen, das es ermöglicht, auch bei Dunkelheit zu sehen, in etwas veränderter Form jetzt in der Erdöl-Forschung einen wichtigen Platz erhalten. Die Erfindung beruht auf dem Prinzip, daß gewisse Elemente auf infrarote oder Wärme-Ausstrahlungen, die von einem Körper ausgehen, überaus empfindlich sind. Diese Ausstrahlungen werden durch ein Elektronengerät in sichtbares Licht umgewandelt und können so als deutlich wahrnehmbares Bild auf einem Leuchtschirm aufgefangen werden. Die Wissenschaft machte sich nun das Prinzip zunutze und projiziert auf einen fluoreszierenden Schirm die innere Struktur der bei Tiefbohrungen durchgesunkenen Schichten. Die in diesen Gebirgsproben enthaltenen Versteinerungen, Tierschalen und Pflanzenreste, lassen sich solcherart viel genauer beobachten. Die für die Erdöl-Forschung und die Feststellung des Alters der Schichten so wichtigen Foraminiferen lassen sich mit Hilfe des neuen Apparates ebenfalls genau ermitteln und identifizieren; desgleichen lassen sich die strukturellen Einzelheiten sofort erkennen. In den amerikanischen Universitäten sind diese wertvollen Geräte bereits vielfach eingeführt worden und sind ein weiterer wichtiger Behelf in den Händen des erfahrenen Geologen.

● Dem in München-Pasing erscheinenden „Funktechnischen Informationsdienst" entnahmen wir die beiden folgenden Meldungen: Der von der Westinghouse Ltd. hergestellte „Westeht" ist eine Kombination aus Gleichrichtern und Kondensatoren in Spannungsverdopplerschaltung, der bei Anschluß an einen 350-V-Netztransformator für Zweiweggleichrichtung 5 kV 150 mA zur Versorgung von Kathodenstrahlröhren liefert, die nur noch durch einen 0,1-mF-Kondensator für 6 kV geglättet zu werden brauchen. Bei etwas verringerter Ausgangsspannung können auch bis zu 250 mA entnommen werden. (Electronic Engineering.) — Es werden Versuche beschrieben, die mit tragbaren Radargeräten ausgeführt wurden und mit Ultraschall von 32 kHz bzw. 65 kHz arbeiten. Das Versuchsgerät wiegt insgesamt 2,5 Kilogramm und kann Hindernisse auf 9 m Entfernung feststellen, versagt aber bei Gefahren, wie nach unten führenden Treppen, offenen Kanalschächten und dergleichen. Verschiedene Verfahren wurden ausprobiert, teils mit einfachen Impulsen, teils mit frequenzmodulierten Systemen, bei denen sich die ausgestrahlte Frequenz sägezahnartig ändert, so daß das Echo mit der ausgesandten Frequenz einen hörbaren Ueberlagerungston ergibt, dessen Tonhöhe die Entfernung abgibt. Auch sind Verfahren entwickelt worden, bei denen die Impulshäufigkeit von dem ersten ankommenden Echo abhängt. Der Blinde trägt in der Hand einen Griff, an dem vorne rechts und links zwei nach vorne schauende, wie kleine Kaffeetassen aussehende Geräte zum Senden und Empfang sitzen. (Electronics.)

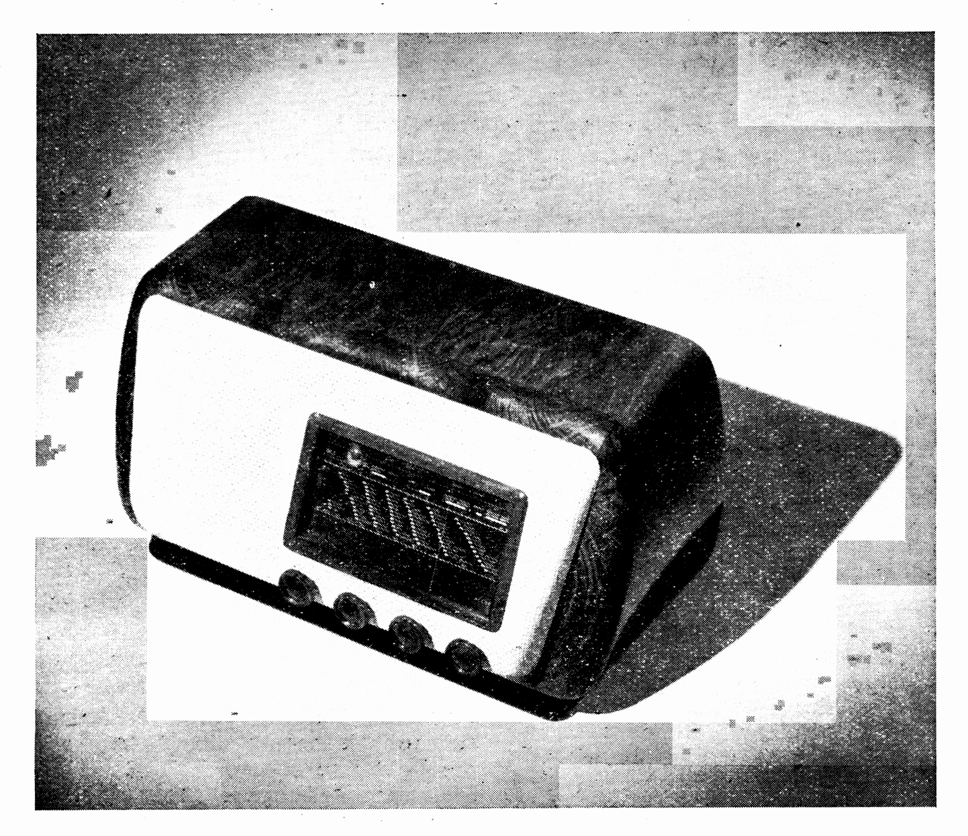
● Selbst ein Rundfunksender kann in finanzielle Schwierigkeiten geraten! Die Sonderfonds, aus denen die amerikanische Militärregierung in Deutschland u. a. die notwendigen Zuschüsse für den kleinen Sender Radio Bremen (527 kHz, 5 kW) bestritt, sind in der gleichen Weise wie alle anderen Reichsmarkguthaben der rigorosen deutschen Währungsreform zum Opfer gefallen. Der Sender ist jetzt nur auf die verhältnismäßig geringen Hörergebühren des Landes Bremen-Bremerhaven angewiesen. Erste Maßnahme: 87 Angestellten wurde die Kündigung zugeleitet, darunter allen 45 Mitgliedern des Unterhaltungsorchesters. Zweite Maßnahme: Führt als erster Sender der westlichen Besatzungszonen den Werbefunk ein. Ab 1. September wird der Aether jeden Tag von 13.30 bis 13.45 Uhr durch Zahnpaste- und Haarwasser-Reklame „verschönt". Der Nordwestdeutsche Rundfunk in Hamburg hat dagegen keine Sorgen. Er verfügt über eine Menge Geld, denn jeder der 3,2 Millionen Hörer in der Britischen Zone muß seine DM 2,— pro Monat an diesen Sender abführen (nur die Post bekommt noch einen kleinen Betrag für das Einkassieren).

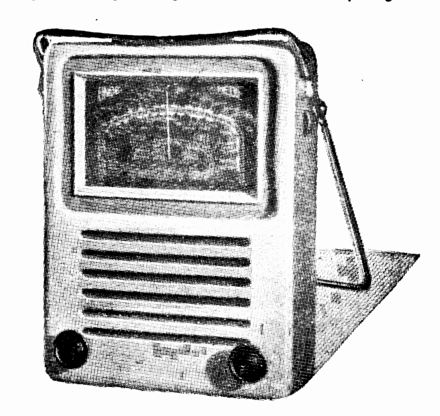
● Zur Auffindung abgestürzter Flugzeuge wird neuerdings ein kleiner Radiosender eingesetzt, der durch die Erschütterung des Absturzes oder der Notlandung automatisch ausgelöst wird. Das Gerät ist in einen bruchfesten und feuersicheren Behälter eingebaut.

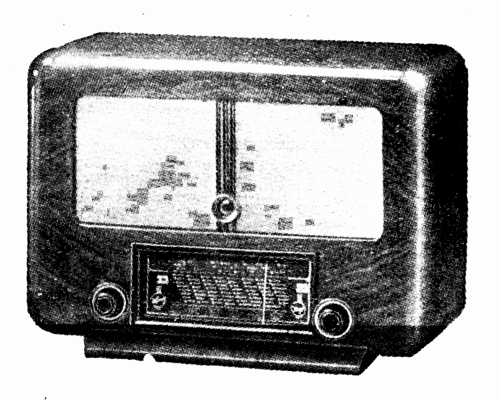
Streiflichter

wiener herbstmesse 1948 · wiener herbstmesse 1948 · wiener herbst

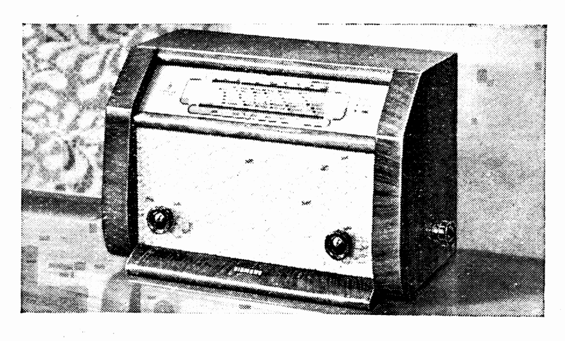
1. Reihe von l. n. r.: In Abbildung 1 stellen wir Ihnen einen von Ing. Richter gezeigten italienischen Empfänger, Marke „Ducati", vor. Leider können wir Ihnen über dieses Gerät keine technischen Angaben machen, da diese von der Vertriebsfirma nicht zu erhalten waren. Infolge der eigenartigen Form dieses Empfängers



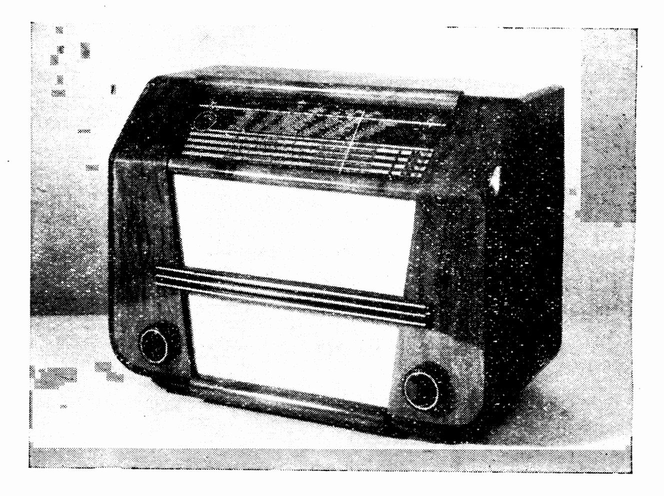








wollen wir ihn aber unseren Lesern nicht vorenthalten. Rechts oben Abb. 2: Safar-Modell 527-A, ein italienischer Empfänger in Flachformat, der formenmäßig seine eigenen Wege geht. Mit Hilfe eines Bügels, der ja deutlich im Bilde sichtbar ist, kann er überall wie ein Bildständer aufgestellt werden. Seine Abmessungen: 5,5 x 19,5 x 26 cm. Gewicht: 2,5 kg. Röhrenbestückung: 12 TE 8, 12 NK 7, 12 Q 7, 35 L 6, 35 Z 4. Mittel- und Kurzwellenbereich. Netzspannungen: 110, 160, 220 V Wechselspannung. Da das Gerät nur um 600 S herum kostet, waren die



wenigen lieferbaren Stücke sofort ausverkauft. Rechts oben Abbildung 3: Kapsch zeigte u. a. seinen Großsuper „Magic", der mit den U 4, bzw. 1 Röhren bestückt und für alle gebräuchlichen Netzspannungen verwendbar ist. Mit Hilfe der Kapschneuerung, des eingebauten Kurzwellenmikroskops, ist man in der Lage, beim Empfang auf verschiedenen Kurzwellenbändern die einmal gefundenen Stationen immer wieder leicht aufzufinden. Diese Art der Festlegung der Abstimmung verwandelt die normale Abstimmskala in ein Gerät mit mechanischer Banddehnung, die gleichzeitig auf allen Bereichen wirksam ist und auch beim Empfang der Mittelwellenstationen ausgezeichnete Dienste leistet. 2. Reihe Abbildung 3 und 4: Hier zeigen wir Ihnen den Siemens „Grazioso" in zwei Ausführungen. Er wird im Holzgehäuse unter der Bezeichnung „469 U" und im Preßstoffgehäuse unter der Bezeichnung „469 UP auf den Markt gebracht. Es ist ein Vollsuper, der in seinen Dimensionen mit Kleingeräten in den Wettbewerb tritt und leistungsmäßig und in bezug auf seine technische Ausstattung jedem Vergleich mit Geräten größerer Abmessung standhält. Rechts unten Abbildung 6: Die „Sonate" von Philips zeichnet sich durch ihre Formschönheit besonders aus. Neben dem üblichen Mittel- und Langwellenbereich sind noch 4 Kurzwellenbereiche vorhanden. Die Sonate ist bestückt mit 2 x ECH 4, EBL 1, AZ 1, UM 4. Stromverbrauch 51 Watt. In 2 Stufen regelbare Bandbreite, kombiniert mit Tonblende. 2stufige Bandbreitenregelung. Ein Luxusgerät mit allerdings nicht zu niedrigem Preis.

ihre Quecksilberdampfgleichrichtertypen zu Hochspannungsstromrichtern — also Gleich- und Wechselrichtern — zu entwickeln. Diese Entwicklungsarbeiten machten in dem zurückliegenden Jahrzehnt rasche und sehr befriedigende Fortschritte, so daß alle drei Firmen im Frühjahr 1941, als es galt, die Beschlüsse für den Bau der Hochspannungsgleichstromübertragung Elbe—Berlin zu fassen, in der Lage waren, die erforderlichen Stromrichter zu bauen. Sie verfügten über Stromrichterkonstruktionen, die bei hinreichender Stromrichtungssicherheit und einer Sperrspannung von rund 130 kV in der Lage waren, Gleichstrom von 50—60 kV und 100—150 A mit einem Gefäß zu liefern.

Einen völlig anderen und nur in Deutschland beschrittenen Weg für den Bau leistungsfähiger Hochspannungs-Stromrichter schlug nun Erwin Marx, Braunschweig, mit der Erfindung und bei der Entwicklung seiner Hochdruck-Lichtbogenventile ein.

In den Marx-Ventilen erfolgt die Gleichrichtung durch Lichtbögen zwischen zwei Elektroden. Diese Lichtbögen werden mit Hilfe einer künstlichen Zündung eingeleitet und brennen, umgeben von parallel zur Lichtbogenachse verlaufenden schnellen Lichtbogenströmungen, während der Brenndauer etwa geradlinig zwischen den Metall-Elektroden.

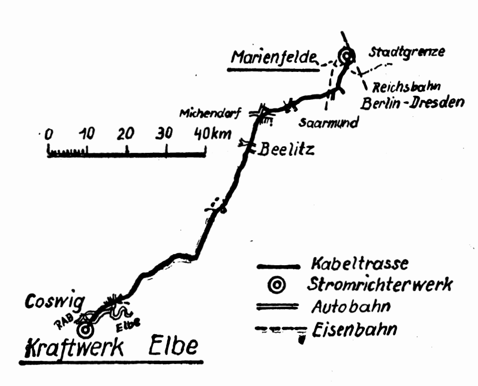
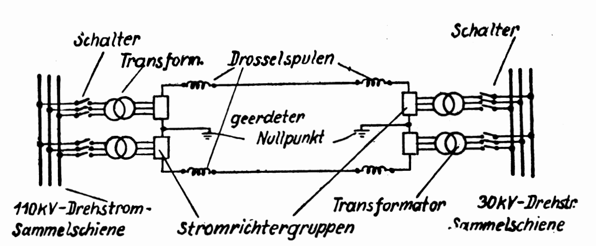


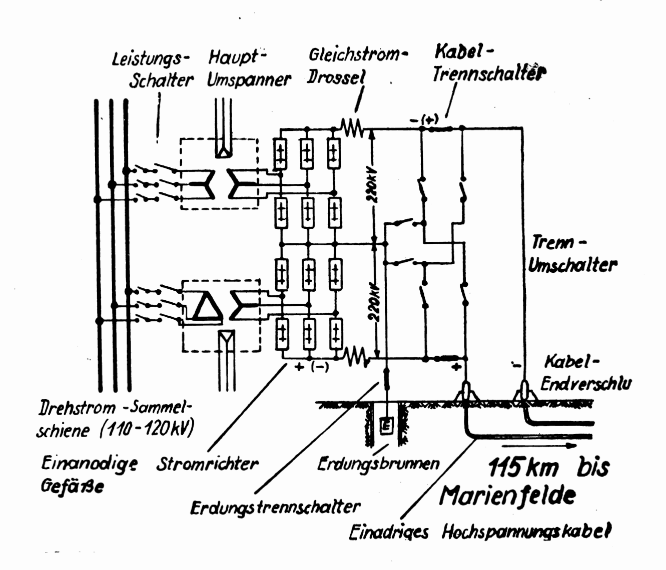
Abbildung 3: Lageplan der Leitung Elbe-Marienfelde

Das periodische Löschen des Lichtbogens geschieht durch die Luftströmungen in dem Moment, in welchem der Strom den Wert 0 annimmt. Wenn nur bei jeder zweiten Halbwelle gezündet wird, entsteht Gleichrichtung.

Planung und Bau der Gleichstrom-Hochspannungs-Uebertragung vom Kraftwerk Elbe nach Berlin-Marienfelde.

Das Für und Wider von Gleichstrom-Hochspannungs-Uebertragungsleitungen konnte eindeutig nur durch einen Großversuch entschieden werden. Aus diesen Gründen wurden im Mai 1941 zwischen dem Reichswirtschaftsministerium und den Elektrowerken Berlin Verhandlungen aufgenommen, die zu einem Vertrag über die Errichtung einer 400-kV-Gleichspannungs-Uebertragungsleitung mit





Oben, Abbildung 4: Prinzipschema der Anlage. Unten, Abbildung 5: Schema der Kopfstation Kraftwerk Elbe

einer Leistung von 100 000 kW führten. Bereits am 24. August 1941 wurde der erste Spatenstich getan.

Abb. 3 zeigt die Situation. Die Leitung, die zirka 115 km lang ist, besteht aus je zwei Einleiterkabeln mit einer Isolation von 220 V gegen Erde und einem Meß- bzw. Steuerkabel und je einem Stromrichterwerk beim Kraftwerk Elbe und in Marienfelde (siehe Abb. 4). Als Leistung der Anlage waren zunächst 60 000 kW vorgesehen, später sollte sie auf 100 000 bis 120 000 kW erhöht werden. Da die beiden Endwerke gleich sind, ist zur Erläuterung nur die Betrachtung einer Kopfstation erforderlich (siehe Abb. 5). Jedes Werk enthält zwei Stromrichtergruppen, gebildet aus je zwei hintereinander geschalteten Stromrichterblöcken. Jeder Block besteht aus neun anodigen Stromrichtergefäßen, das sind je Phase drei in Serie geschaltete. Die Last wird durch die Gittersteuerung auf die beiden Stromrichtergruppen so gleichmäßig verteilt, daß kein Gleichstrom in der Erde fließt. Bei Einzelbetrieb einer Gruppe dient nun das verfügbare Hochspannungskabel als Erdrückleitung; dabei wird es zur Vermeidung von Erdströmung in einem der beiden Enden geerdet. Die hiezu erforderlichen Umschaltungen werden durch die Hochspannungstrenner (7) ausgeführt; dies gilt auch für das Umschalten der Hochspannungskabel beim Wechsel der Energierichtung, um das durch die Spannungsumkehr bedingte Umpolarisieren des Kabel-Dielektrikums zu vermeiden.

Die Phasen der beiden Stromrichtergruppen jedes Stromrichterwerkes können durch die Umspan-

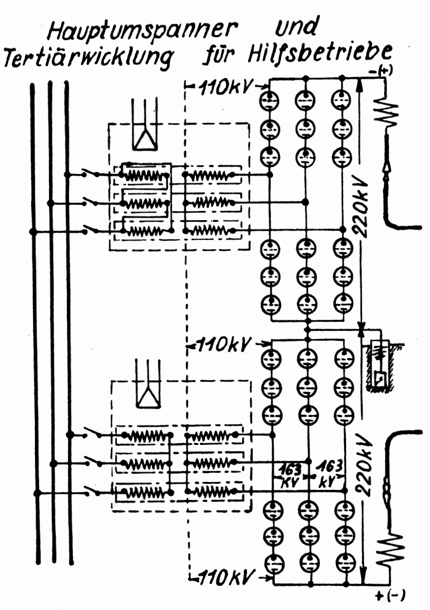


Abbildung 6: Ausschnitt aus dem allgemeinen Schaltschema

nerschaltung um 30° gegeneinander gedreht werden (Stern-Stern und Dreieck-Stern). Sie wirken dann beim Zusammenarbeiten für die ange-

(Fortsetzung auf Seite 340)

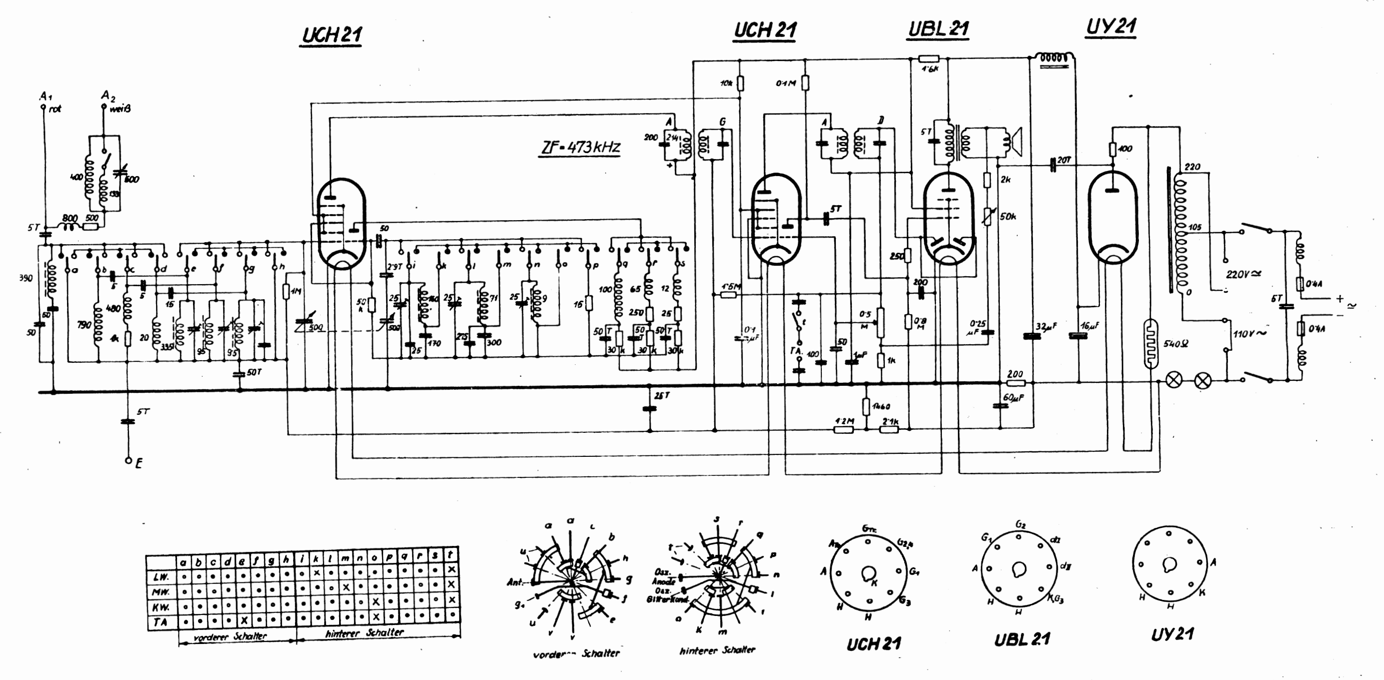
Ein interessanter **Umbau**

Viele Leser des „elektron“ werden sich noch an den im Heft 7/47 veröffentlichten Empfänger für Batterie- und Netzbetrieb WR I/P erinnern. Es war dies ein Super mit Batterie-Röhren der Serie D 25, mit einer Mischstufe, zweifacher ZF-Verstärkung, Demodulationsstufe mit NF-Verstärkung und Gegentakt-Endstufe. Zusätzlich besaß das Gerät noch einen universellen Netzteil, der außer Batterie-Anschluß den wahlweisen Betrieb mit allen erdenklichen Netz-Gleich- und Wechselspannungen zuließ.

Wie man schon aus dem Schaltbild erkennen konnte, war dies ein recht umfangreicher und insbesondere, was die Stromversorgung betraf, auch ein ziemlich verwickelter Empfänger. Ein schaffung der Röhren allein schon recht schwierig und kostspielig gewesen. Dazu kommt noch die außerordentliche Empfindlichkeit des feinen Heizfadens dieser Röhren. Sollte in dem verwickelten Netzteil ein Fehler stecken, so riskiert man sehr leicht ein Ueberheizen und Taubwerden oder gar Durchbrennen von einigen Röhren.

Nach reiflicher Ueberlegung wurde nun der Apparat auf einen Super mit den Röhren UCH 21, UCH 21, UBL 21 und UY 21 umgebaut. Abbildung 1 zeigt die ausgeführte Schaltung, aus der (bei Vergleich mit der im Heft 7/47 veröffentlichten Schaltung) leicht zu erkennen ist, daß die Eingangs- und Oszillatorkreise in der gelassen. Eine Schwierigkeit besonderer Art war der zweckmäßigste Chassisaufbau.

Die Chassisplatte des D-Röhren-Supers war senkrecht angeordnet, d. h. alle D-Röhren steckten waagrecht in ihren Fassungen. Diese für Batterieröhren zulässige Anordnung schien für die U-Röhren nicht ratsam, obwohl die Fassungen an sich direkt wieder verwendbar waren. Um also die U-Röhren in üblicher Weise senkrecht zu stellen, mußte die Chassisplatte um 90° in eine waagrechte Ebene gedreht werden. Dies machte verschiedene Ausschnitte darin nötig und es mußte jetzt die Anordnung der Röhren so gewählt werden, daß sich eine günstige Leitungsverlegung



	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
LW.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x
MW.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•	•	•	•	•	•	x
KW.	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•	•	•	•	x
TA	•	•	•	•	x	•	•	•	•	•	•	•	•	•	x	•	•	•	x
	vorderer Schalter								hinterer Schalter										

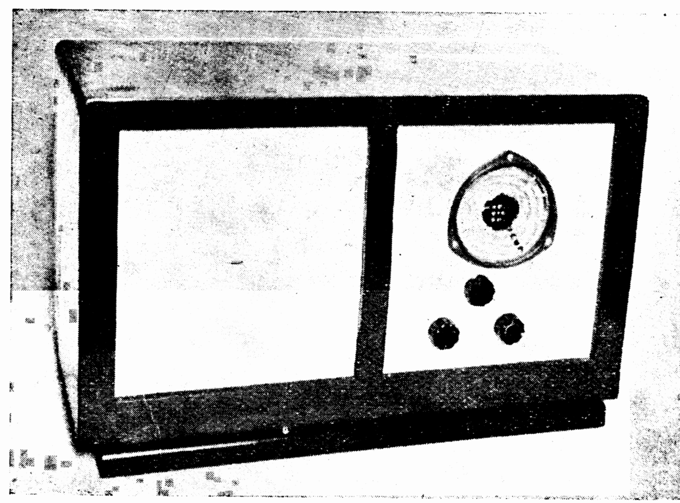
Abbildung 1: Schaltung des umgebauten Supers

derartiges Gerät, bei dem bereits einige Röhren defekt waren, sollte nun wieder betriebsfähig gemacht und möglichst auch in eine übliche äußere Form gebracht werden.

Der einfachste Weg, die fehlenden D-Röhren zu ersetzen, wurde vom Verfasser aus zweierlei Gründen nicht beschritten. Erstens wäre die Be- ursprünglichen Art beibehalten wurden. Auch die ZF-Bandfilter fanden natürlich wieder Verwendung.

Um dies durchzuführen, wurde der alte Apparat weitgehend zerlegt, vor allem der ganze Netzteil abgetrennt. Der aus Spulen, Zweigang-Drehko mit Skalentrieb und Wellenschalter bestehende Block wurde unverändert ergab. Besonderes Augenmerk wurde darauf gerichtet, das Mischrohr an eine solche Stelle zu bringen, daß die Anschlüsse der Eingangs- und Oszillatorkreise an den Röhrenfassungen ohne wesentliche Verlängerung der früheren Leitungen ausgeführt werden konnten. In Abbildung 2 ist der gesamte Aufbau des Chassis,





Links Abbildung 2: Gesamtaufbau des Chassis. Oben Abbildung 3: Gesamtansicht des Apparates

der von den üblichen Formen ganz abweicht, gut zu erkennen. Rückwärts links sind die Spulengruppen — jeder Eingangs- und Oszillatorschwingkreis einzeln geschirmt —, in der Mitte der Zweigang-Drehkondensator mit Kreisskala, zu der eine eigene Beleuchtungsanordnung dazugebaut werden mußte, da der Batterie-Empfänger keine beleuchtete Skala hatte. Man erkennt auch die Metallfrontplatte — isoliert befestigt —, die, mit Stoff überzogen, sich der Lautsprecherverkleidung anpaßt. Vergleiche auch Abbildung 3: Gesamtansicht des Apparates. Links vorne ist auf der Chassisabbildung der Netzteil zu erkennen, die Siebdrossel, darunter Spartrafo und die Elektrolytkondensatoren, sowie die HF-Abriegelung gegen das Netz samt Sicherungen und Umschaltklemmen für 110- oder 220-Volt-Betrieb. An dieser Stelle sei auch die Ausführung des Netzteiles kurz erläutert.

Die Heizspannung aller vier U-Röhren beträgt zusammen 145 Volt. Der nur für den Betrieb mit 110 V Wechselspannung vorgesehene Spartrafo wurde nun so ausgelegt, daß mit demselben gleich die Heizung bestritten werden konnte. Der Hauptwiderstand ergänzt also in einfacher Weise den Heizkreis der Röhren immer auf 220 V. Er ist steckbar ausgeführt und soll später noch durch einen Eisenwasserstoff-Widerstand oder Urdox für 100 mA ersetzt werden. Bei 220 V Netzspannung ist der Spartrafo nicht eingeschaltet und daher Betrieb mit Gleich- oder Wechselspannung möglich.

Die Gegenkopplung, von der Sekundärseite des Ausgangstrafos abgenommen, ist regulierbar ausgeführt und das Potentiometer hierfür in Abbildung 2 rechts am Kasten ersichtlich. Daneben sind der Ausgangstrafo und die Gegenkopplungs-Schaltelemente gut zu erkennen.

Nun noch kurz einige Worte über den Erfolg des Umbaues. Nach sorgfältiger Nachstimmung und Abgleichung aller Kreise zeigte das Gerät die von einem solchen Super zu erwartenden Empfangsergebnisse. Hervorzuheben ist vielleicht nur der überdurchschnittlich gute Empfang auf Kurzwellen, der wohl dem hochwertigen Aufbau aller Kreise zu verdanken ist. Alle in HF-Kreisen befindlichen Kapazitäten sind als Keramik-Kondensatoren ausgebildet und auch der Wellenschalter ist hochwertig isoliert. Auch die Klangqualität des Apparates befriedigt hohe Ansprüche, was sowohl auf den verwendeten großen 4-W-Lautsprecher und sorgfältig ermittelte Gegenkopplung als auch die reichlichen Abmessungen des Apparatekastens zurückzuführen ist. Gerade die letztgenannten Eigenschaften des Gerätes wären mit den D-Röhren nicht zu erreichen gewesen, da bekanntlich Batterie-Empfänger selbst mit Gegentakt-Endstufen nicht eine derartige Ausgangsleistung und damit verbundene Klangfülle zulassen.

● Auf Befehl der französischen Militärregierung wird neben der Radioabteilung der bekannten Firma SABA in Villingen/Schwarzwald auch die nach dem Kriege errichtete Röhren- und Radioapparate-Fabrik „Funkstrahl" in Konstanz demontiert.

Die **gefunkte** Zeitung

In Holland ist ein neues Faksimilegerät in den Handel gekommen, welches 60mal so schnell arbeitet wie die bisher gebräuchlichen Apparate. Die bisher zum Telegraphieren des Textes eines gewöhnlichen Quartblattes von 22×28 cm erforderliche Zeit betrug durchschnittlich 8 Minuten, war also erheblich schneller, als es mit einer Schreibmaschine oder mit einem Telexapparat möglich war. In einem einzigen Fall konnte man die Zeit sogar bis auf 3 Minuten herabsetzen. Der neue, von Philips hergestellte Faksimileapparat kann dagegen dieses Quartblatt in 8 Sekunden telegraphieren, also 60mal so schnell wie mit der allerschnellsten aller bisher bekannten Maschinen.

Bekanntlich ermöglicht es das Faksimile, Photographien, Wetterkarten, Zeichnungen, Urkunden, Schecks usw. bildgetreu auf größte Entfernungen zu telegraphieren und in Amerika wollten schon einige Zeitungen ihre Berichte auf diese hypermoderne Art ihren Lesern übermitteln.

Das neue Gerät ist infolge seiner enormen Geschwindigkeit natürlich als allgemeines Uebertragungsmittel für den Privatmann nicht lohnend, eignet sich vielmehr für die Massenübertragung von Dokumenten auf sehr große Entfernung. Vielleicht werden auf die Dauer Briefe, Zeichnungen, Drucksachen usw. zum Zweck der Beschleunigung, Ergänzung oder an Stelle des gewöhnlichen Postverkehrs durch Faksimile übertragen, was besonders bei großen Entfernungen eine erhebliche Zeitersparnis bedeuten würde.

Da die Urkunden mit Unterschriften und allem genau übertragen werden, wird die Faksimileübertragung in Zukunft möglicherweise auch im Zahlungsverkehr zwischen in- und ausländischen Banken Verwendung finden. Der Umstand, daß beim Empfang zugleich ein Mikrodokument (der Film) übrigbleibt, ist bestimmt als wichtiger Vorteil anzusehen.

Es ist auch möglich, daß das Zeitungsgewerbe mit Hilfe der Faksimile-Uebertragung zentralisiert wird und man dadurch das Niveau an kleinen Orten erscheinender Zeitungen beträchtlich heben und zugleich die Kosten herabsetzen kann. Eine sehr gut redigierte Zeitung würde ihren Inhalt durch Faksimile nach verschiedenen kleinen Orten weitergeben können und man könnte dort das Faksimilebild gleich klischieren und abdrucken. (Vielleicht wird es sogar möglich sein, das Klischee sofort durch einen eigenen Faksimile-Klischeeapparat herzustellen. H. K.) Die Technik des Setzens würde dann durch die viel billigere Klischeetechnik ersetzt. Auf diese Weise käme der örtlichen Presse und ihrem Leserkreis der gut ausgerüstete und vielseitige Redaktionsstab der großen Zeitungen zugute. Durch Faksimile werden ihnen gut geschriebene allgemeine Uebersichten, Abhandlungen usw. übersandt und es bleibt ihnen unbenommen, Neuigkeiten von örtlichem und provinzialem Interesse hinzuzufügen. Außerdem können sie die „Aufmachung" der „Köpfe" sowie die Reihenfolge der Artikel und Tagesneuigkeiten nach eigenem Gutdünken ändern.

Für eine solche Umwälzung wäre der neue Faksimileapparat geeignet. Er allein ist in der Lage, eine gewöhnliche Zeitung von zehn Seiten in gut fünf Minuten zu telegraphieren, eine Leistung, zu der die heute in Gebrauch befindlichen Apparate fünf Stunden (!) benötigen.

Im allerersten Stadium des Bildfunks oder der Faksimile-Uebertragung wurde das Dokument mit der Hand fein säuberlich auf eine Rolle gespannt; als aber das Telegraphieren eines Blattes mit immer größerer Schnelligkeit erfolgte, entstand durch das Spannen ein so unverhältnismäßig großer Zeitverlust, daß man von der Handarbeit zum automatischen Festklemmen und Aufspannen überging.

Bei dem neuen, von Philips hergestellten Faksimilegerät werden die Blätter eingeschoben, erhalten eine elektrische Ladung (!), durch welche sie infolge der Anziehung auf dem laufenden Band kleben bleiben, ohne dadurch in irgend einer Weise beschädigt zu werden, und werden dann mit einer Geschwindigkeit von 40 m in der Sekunde, das sind 144 km in der Stunde, abgetastet.

Dieses Abtasten geht im Prinzip folgendermaßen vor sich: Ein Lämpchen richtet ein feines Lichtbündel auf das zu telegraphierende Bild, welches so in Streifen von $^1/_5$ mm Breite Punkt für Punkt belichtet wird. Befindet sich gerade ein Stück von einem schwarzen Buchstaben in dem vom Lichtstrahl getroffenen „Bildelement", dann wird von dem auffallenden Licht nichts reflektiert.

Das reflektierte Licht trifft eine Photozelle, in der durch das auffallende Licht ein kleiner elektrischer Strom entsteht. Dieser wird verstärkt und drahtlos oder über Trägerfrequenzkabel auf ein Empfangsgerät übertragen.

Die kleinen elektrischen Ströme steuern im Empfänger ein Lämpchen, welches dadurch ein mehr oder weniger helles Lichtbündelchen auf einen photographischen Film wirft. Der Film im Empfangsgerät wird durch diesen kleinen Lichtstrahl in gleicher Weise Punkt für Punkt und Zeile für Zeile belichtet, wie das zu übertragende Schriftstück oder Bild an der Sendeseite abgetastet wird. So entsteht nach dem Entwickeln des belichteten Films ein Bild, das die getreue Wiedergabe des Originaldokumentes bildet. Diese Kopie kann nach Belieben sowohl positiv als negativ sein.

Infolge der großen Geschwindigkeit, mit der das Abtasten erfolgt, ist die Belichtungszeit jedes „Bildelements" von $^1/_5 \times ^1/_5$ mm sehr kurz, nämlich nur 0,000 005 Sekunden. Zur Erzielung einer genügenden Schwärzung des Films an der Empfängerseite in dieser kurzen Zeit ist ein ziemlich empfindliches Photomaterial erforderlich. Nimmt man ein Filmband, welches sechsmal so schmal ist, als das abzutastende Dokument und läßt man es mit einer Geschwindigkeit, die sechsmal so langsam ist, als die entsprechende Abtastgeschwindigkeit, auf der Sendeseite unter dem Belichtungslämpchen durchlaufen, dann kann man auch die Kosten für diesen Film sehr stark herabsetzen.

Die Bilder auf dem Film sind also sechsmal so klein wie das Original, darum werden sie vergrößert, was auf relativ billigem lichtempfindlichem Papier geschehen kann, wodurch die Kosten für Film und Abdruckpapier doch noch sehr niedrig gehalten werden. Außerdem hat man noch den Vorteil, daß man von jedem telegraphierten Dokument meh-

(Fortsetzung auf Seite 330)

INDUSKAP

Ein LC-Meßgerät geringsten Aufwandes

Beim Neubau und bei der Reparatur von Rundfunkgeräten besteht oft die Notwendigkeit, Spulen und Kondensatoren zu überprüfen bzw. zu messen. Bei Spulen und Kondensatoren, die in Hochfrequenzkreisen arbeiten, ist die Forderung gestellt, daß diese auch mit HF geprüft werden, um den normalen Betriebsbedingungen möglichst nahezukommen. Denn wenn solche Messungen mit Hilfe einer Brückenschaltung ausgeführt werden, welche zwangsläufig mit Netz- oder Tonfrequenz arbeitet, ergibt sich meist eine große Störanfälligkeit und damit ein unzuverlässiges Meßergebnis. Vor allem können kleine Kondensatoren nicht mit genügender Genauigkeit gemessen werden. Das nachstehend beschriebene Meßgerät „INDUSKAP" wird allen Forderungen, die an ein einfaches und doch zuverlässiges Meßgerät gestellt werden müssen, gerecht und zeichnet sich besonders durch einfachen und materialsparenden Aufbau aus. Es können mit diesem Meßgerät Kondensatoren zwischen 10 und 500 pF (Bereich C_1) und zwischen 10 und 5800 pF (Bereich C_2) gemessen werden. Der L-Meßbereich reicht von 0,08 bis 10 mH, so daß alle Mittel- und Langwellenspulen und ZF-Filter gemessen werden können.

Schaltung und Wirkungsweise.

Das Gerät arbeitet nach dem HF-Resonanzprinzip, einer Schaltungsart, die also im Grunde nicht neu ist. Wie aus dem Prinzipschaltbild ersichtlich, ist nur eine Röhre, und zwar eine indirekt geheizte Triode, vorhanden. Dieses Rohr wird in einer Rückkopplungsschaltung mit abgestimmtem Anodenkreis zum Schwingen gebracht. Die Rückkopplungswicklung LR liegt direkt am Gitter ohne dem sonst üblichen Kondensator-Widerstands-Glied. Dadurch fließt ein ziemlich kräftiger Gitterstrom, der vom Milliamperemeter J angezeigt wird. Lose angekoppelt an die Spule LA-LR ist der Meßkreis LM. Legt man an die Klemmen dieses Kreises einen unbekannten Kondensator Cx (der Meßbereichschalter sei auf den Meßbereich C_1 gestellt), so bildet dieser zusammen mit der Spu-Spule LM einen Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz von der Induktivität der Spule LM und der Kapazität des unbekannten Kondensators bestimmt wird. Wird nun der Abstimmkreis, bestehend aus Spule LA und Drehkondensator C auf diese Frequenz eingestellt, d. h. werden die beiden Kreise in Resonanz gebracht, so findet ein kräftiger Energie-Entzug statt und der Gitterstrom sinkt. Am Instrument J wird dies durch einen scharf ausgeprägten Zeigerrückgang merkbar gemacht. Da die Induktivität der Spule LM eine feste Größe ist, kann, wenn die Skala des des Gitterstromes mit dem Kathodenwiderstand geregelt werden. — Wird der Bereichsschalter auf den Bereich C_2 gestellt, so wird der Meßspule ein Kondensator von 550 pF vorgeschaltet. Er bewirkt, daß der Meßbereich des Gerätes bis auf fast 6000 pF erweitert wird. In der Stellung L des Bereichsschalters wird der Spule LM ein 500-pF-Kondensator parallel geschaltet. Dadurch entsteht ein Schwingkreis, dessen Resonanzfrequenz durch Hinzuschalten einer unbekannten Spule Lx verändert wird. Die Größe der neuen Frequenz wird von der Induktivität dieser Spule bestimmt. Mit dem Dreh-

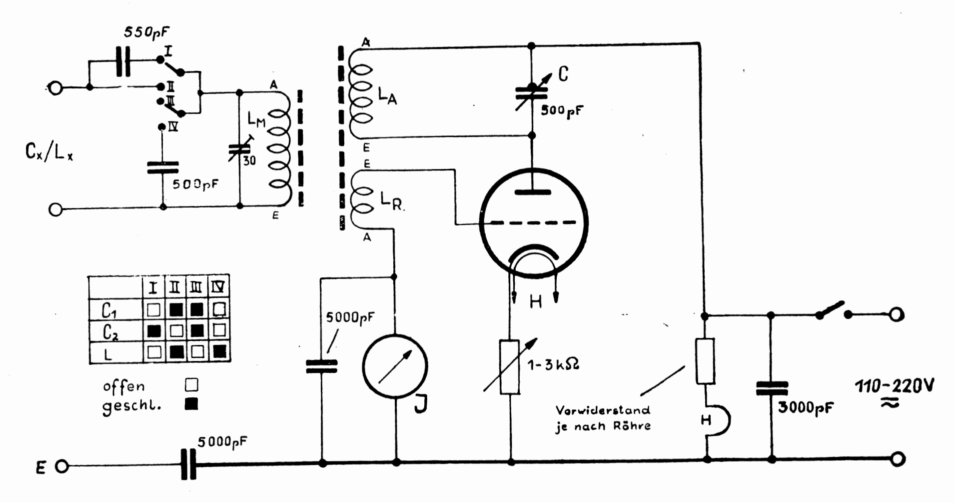


Abbildung 1: Schaltbild des „INDUSKAP"

Drehkondensators C entsprechend geeicht ist, die unbekannte Kapazität von Cx bestimmt werden. Der Stromrückgang ist um so kräftiger, je höher die Güte des Meßkreises und des Prüflings ist. Die Verringerung des Gitterstromes kann daher als Maß für die Güte des Prüflings dienen. Die Anzeige ist aber um so empfindlicher, je schwächer der Oszillator schwingt. Um dies einstellen zu können, wurde der Kathodenwiderstand regelbar gemacht. Da ein Kathodenkondensator nicht vorhanden ist, ergibt sich eine Gegenkopplung und es kann die Größe der Rückkopplung und dadurch die Größe kondensator C kann wieder auf kleinsten Gitterstrom eingestellt und, falls C entsprechend geeicht ist, die Induktivität von Lx festgestellt werden. — Was an der Schaltung besonders auffällt, ist, daß ein Netzteil im eigentlichen Sinne überhaupt nicht vorhanden ist. Das Gerät kann mit Gleich- oder Wechselstrom ohne Siebung oder Gleichrichtung der Anodenspannung betrieben werden. Eine Gleichrichtung findet in der Röhre selbst statt und der vorhandene „Brumm" ist für die Wirkungsweise ganz ohne Einfluß. Die Heizung der Röhre erfolgt über einen entsprechend dimensionierten Vorwiderstand.

Vorwiderstände für Heizkreis.

Röhren	110 Volt	220 Volt
CBC 1, CC 2, CK 1, CF 1, 2, 3, 7	485 Ohm/20 W	1040 Ohm/40 W
EBC 11, EBF 11, ECH 11, EF 11, 12, 13	520 Ohm/20 W	1070 Ohm/45 W
UBF 11, UCH 4, 11, 21	900 Ohm/ 9 W	2000 Ohm/20 W
VC 1, VF 7	1100 Ohm/ 3 W	3330 Ohm/ 9 W
RV 12 P 2000	1300 Ohm/ 8 W	2760 Ohm/16 W

Einzelteile.

Es kann jede indirekt geheizte Serienröhre verwendet werden. Bei Mehrgitterröhren werden alle Gitter außer dem Steuergitter mit der Anode verbunden und das Rohr als Triode benutzt. Auch Mischröhren, wie z. B. die UCH 4 oder UCH 21, können verwendet werden und es kann nach Belieben der Trioden- oder Heptodenteil genommen werden. Endröhren sind infolge ihres hohen Anodenstromes ungeeignet. Im Mustergerät wurde eine RV 12 P 2000 verwendet. — Einiges Augenmerk ist dem Drehkondensator zu schenken. Es soll ein stabiler, eichfähiger Luftdrehkondensator sein. — Die Spulen sind zwei gleiche Eisenkernspulen, die auf einer Pertinaxplatte in der Größe von 45×80 mm, ähnlich wie bei einem ZF-Filter, angebracht sind. Der Abstand der beiden Spulen beträgt etwa 20 bis 40 mm. Genaue Angaben können nicht gemacht werden, weil der Abstand der Spulen hauptsächlich von der Kerntype abhängt. Jedenfalls sind sie lose zu koppeln. Bei zu fester Kopplung treten nämlich Zieherscheinungen auf, die Abstimmung wird zu breit oder es springt der Gitterstrom plötzlich auf einen anderen Wert. Der richtige Spulenabstand wird daher am besten nach Fertigstellung des Gerätes durch probieren ermittelt. Auch die Windungszahlen richten sich nach dem verwendeten Eisenkern und sind der Tabelle zu entnehmen. Die Wicklungen LA und LM haben gleiche Windungszahl. Die Spule LA-LR kann ohne weiteres mit email-seide-isoliertem Volldraht gewickelt werden. Hohe Güte der Spule ist nicht gefordert, weil mit der dargestellten Rückkopplungsschaltung auch Kreise minderer Güte zum Schwingen gebracht werden können. Die Meßkreisspule dagegen soll hochwertig sein und wird daher mit HF-Litze 10×0,07 gewickelt. — Das Anzeige-Instrument J ist eine Drehspulausführung mit 2 bis 6 mA Endausschlag. — Der der Spule LM parallel liegende Trimmer hat etwa 30 pF Endkapazität. Sehr gut eignet sich der kleine RHEO-Tauchtrimmer, weil dieser einen großen Regelbereich besitzt. — Die beiden Kondensatoren 500 und 550 pF sind hochwertige Ausführungen mit Glimmer- oder Keramik-Dielektrikum. — Der Kathodenwiderstand ist ein gewöhnlicher Draht-Drehwiderstand von 1 bis 3 kOhm.

Windungszahlen für die Spulen.

Fabrikat	Windungszahl	
	LA und LM	LR
Rundkern 8 x 16 mm	185	25
Dralowid (-Stefra) Würfelspule	160	20
Siemens H-Kern	120	16
Siemens Haspelkern	135	15
Wehrmacht Topfkern MV 311	145	15

Alle Spulen sind im gleichen Windungssinn gewickelt.

Mechanischer Aufbau.

Der Zusammenbau der Anordnung ist nicht kritisch. Aufbau und Verdrahtung sind aber aus Gründen der unveränderlichen Eichung möglichst stabil auszuführen! Im Mustergerät erfolgte der Aufbau auf ein Metallchassis mit den Abmessungen 95×240×50 mm in Verbindung mit einer Frontplatte von 170×250 mm Größe. Besser als Worte zeigen die Photos die Anordnung der Einzelteile. An der Oberseite des Chassis sind der Drehkondensator mit Feintrieb, die Röhre und der Vorwiderstand für die Röhrenheizung befestigt. Um eine allzu große Wärmeeinstrahlung auf Röhre und Drehko zu unterbinden, wurde zwischen Röhre und Vorwiderstand eine senkrecht stehende Blechwand angebracht. Das Gehäuse besitzt an dieser Stelle zahlreiche Lüftungslöcher. Zu beachten ist, daß der Drehkondensator Anodenspannung führt und daher auf das Chassis isoliert aufzusetzen ist. Die Pertinaxplatte mit den Spulen, Trimmer, Meßbereichschalter, regelbarer Kathodenwiderstand und die übrigen Schaltelemente sind unter dem Chassis angeordnet. Die Verdrahtung zeigt eine einfache und klare Linienführung. Der Netzschalter befindet sich auf der Rückseite. —

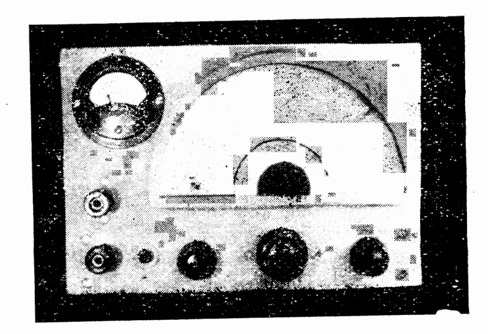


Abbildung 2: Vorderansicht des „INDUSKAP"

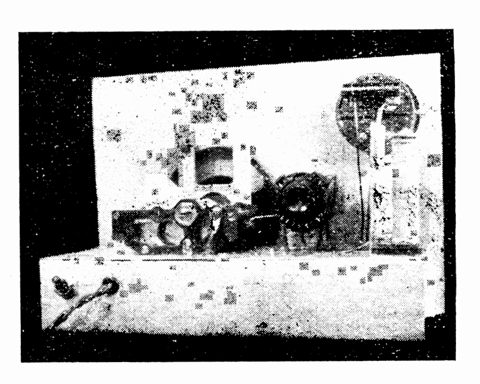


Abbildung 3: Das „INDUSKAP" von rückwärts

Das Gesicht der Frontplatte wird von einer großen, übersichtlichen Skala beherrscht, die ein schnelles und genaues Ablesen ermöglicht. Sie trägt neben den Skalen für die einzelnen Meßbereiche eine Gradeinteilung von 0 bis 180 Grad und ein mit f bezeichnetes Feld, auf das wir später noch zu sprechen kommen. Zur Ablesung der eingestellten Werte dient ein Messerzeiger. Ein Rahmen mit einer dünnen Glasscheibe schützt Skala und Zeiger. Links sind die Anschlußklemmen für Lx/Cx, darüber das Instrument, dann folgen die Erdungsbuchse und die Drehknöpfe für Meßbereichschalter, Abstimmung und Kathodenregler.

Eichung.

Hat man sich davon überzeugt, daß das Gerät arbeitet und ist durch Versuche der richtige Spulenabstand gefunden, kann das Gerät geeicht werden. Zuvor wird aber noch der Trimmer eingeregelt. Man schließt dazu an die Meßklemmen einen Glim-

merkondensator von 10 pF an. Der Trimmer wird nun so eingestellt, daß etwa beim vierten oder fünften Teilstrich der 180gradigen Skala Resonanz auftritt. — Die Eichung der beiden C-Meßbereiche erfolgt mit einer Reihe bekannter Kondensatoren enger Toleranz. Durch Verwendung von möglichst vielen Kondensatoren wird eine Reihe von Meßpunkten gefunden, die in ein Kurvenblatt eingetragen werden. Am besten eignet sich dazu Logarithmenpapier. Aber auch normales Millimeterpapier ist gut verwendbar. Die eingetragenen Meßpunkte werden infolge der Toleranzen der Kondensatoren nicht alle in einer Linie liegen. Deshalb wird der Kurvenzug gemittelt, so daß eine stetige Linie entsteht. Die Eichung des L-Meßbereiches erfolgt mittels Eichspulen. In der folgenden Tabelle sind die Windungszahlen für einige Kerntypen enthalten. Es wird wieder eine Eichkurve gezeichnet. Zwischenwerte können dieser dann entnommen werden.

Man sollte glauben, daß die auf diese Weise erhaltene Eichung ziemlich ungenau ist. Ein Vergleich mit einigen Normalinduktivitäten und mit einem RHODE-SCHWARZ-Kapazitätsmeßgerät (Genauigkeit plus-minus 1 Prozent) zeigte aber, daß die Abweichungen gering sind und noch innerhalb der von der Reparaturpraxis gestellten Forderungen liegen.

Die direkte Eichung der Skala in C- und L-Werten ist für ein schnelles Arbeiten vorteilhaft. Die einzelnen Werte dafür werden aus den Eichkurven auf die Skala übertragen.

Windungszahlen für die Eichspulen.

Fabrikat	0·1	0·25	0·5	1·0	2 5	5	10 mH
Dralowid (-Stefra) Würfelspule	56	88	125	177	278	395	560
Siemens H-Kern	42	67	94	133	210	297	420
Siemens Haspelkern	48	77	108	153	241	342	484
Wehrmacht Topfkern MV 311	52	82	115	198	258	365	516

Die Werte gelten für ganz eingeschraubten Kern.

Messung.

Die Messung der unbekannten Kapazitäten und Induktivitäten geht im Prinzip genau so vor sich wie die Eichung. Ist der Prüfling angeschlossen und der Bereichsschalter auf den entsprechenden Meßbereich gestellt, wird auf kleinsten Gitterstrom abgestimmt. Nun wird mit dem Kathodenregler der Strom bis fast auf Null heruntergeregelt und nochmals

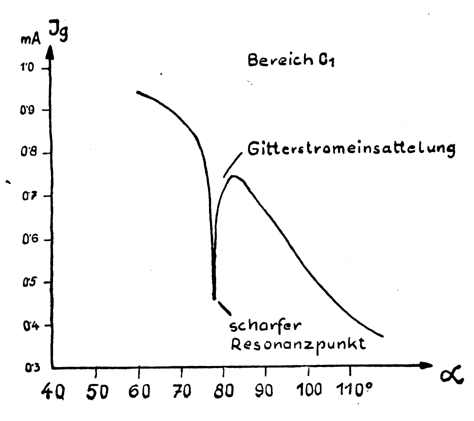


Abbildung 4: Die Kurve zeigt den durch Energieentzug hervorgerufenen scharfen Resonanzpunkt (Jg fällt rapid)

nachgestimmt. Die Anzeige ist, wie schon erwähnt, erst dann am empfindlichsten, wenn der Sender am schwächsten schwingt. Ist der Abstand der Spulen richtig gewählt, dann folgt der Zeiger des Anzeige-Instrumentes weich und zügig der *Abstimmung*. Es ergibt sich eine tiefe Einsattelung des Gitterstromes mit einem eindeutig und scharf hervortretenden Resonanzpunkt. — Das Ansteigen des Gitterstromes nach Abnehmen des Prüflings gibt ein Maß fur die Güte desselben. Steigt der Strom nur wenig an, so war die Spule oder der Kondensator sehr schlecht. Bei Kondensatoren kann zum Gütevergleich ein guter Luftdrehkondensator angeschaltet werden. Dieser wird bei gleicher Sendereinstellung gemessen. Nimmt man die Güte dieses Drehkondensators mit 100% an und steigt bei ihm der Strom auf z. B. 2 mA und bei dem zu messenden Prüfling nur auf 1 mA, so hat dieser grob genommen nur 50% der Güte des Luftdrehkondensators. Spulen mit Kurzschlüssen ergeben einen besonders geringen Stromanstieg und liegen auch selbstinduktionsmäßig weit außerhalb ihres normalen Wertes.

Erweiterungen.

Das Meßgerät „INDUSKAP" kann auch noch zu anderen Zwecken herangezogen werden. Da das Gerät auf einem Frequenzband von etwa 250 bis 1000 kHz (= 1200 bis 300 m) arbeitet, kann es als Prüfsender zum Abgleichen der ZF-Filter benutzt werden. Dazu ist beim Mustergerät das schon erwähnte Feld f auf der Skala vorgesehen. Die Eichung erfolgt mit Hilfe eines Frequenzmessers. Die HF-Spannung wird an den Meßklemmen abgenommen. Weiters kann das „INDUSKAP" auch als Zwischenfrequenzüberlagerer eines Superhets zum Empfang von tonloser Telegraphie verwendet werden. Im Laufe der Zeit wird man selbst noch einige andere Verwendungsmöglichkeiten und Erweiterungen finden.

Stefan W. Gössinger.

Elektronen

Die folgende Darstellung diene in Anlehnung an das Bohrsche Atommodell dazu, trotz ihrer von Bohr selbst eingesehenen Mängel, das Elektron verständlich zu machen.

Ein Planetensystem mit winziger Sonne, die von anderen kleinen Teilchen wie von Sternen in elliptischen Bahnen in einem tollen Wirbel umkreist wird, in dem die wirklichen Körperteilchen nur einen unvorstellbar kleinen Raum ausfüllen und alles andere ein Nichts ist, das ist ein Atom.

Als Beispiel diene eine Drahtspeiche. Sie ist durch das obere Ende eines senkrechten Stabes so hindurchgesteckt, daß ihre freien Enden gleich lang sind. Dreht man den senkrechten Stab nur langsam herum, so beschreiben die Enden der Drahtspeiche einen Kreis. Mit hundert, tausend, zehntausend Umdrehungen in der Minute ist die dünne Speiche unsichtbar geworden bis auf einen durchsichtigen grauen Schleier. Biegt man nun die freien Enden der Speiche rechtwinkelig hoch, so hat man einen Teller, auf den man einen kleinen leichten Ball legen könnte, ohne daß dieser durchfiele. Zweitausendmal in jeder Minute ist so dem „fallsüchtigen" Ball eine Drahtspeiche im Wege. Obwohl also der Teller eine Täuschung ist, wirkt er für den Ball doch als feste Scheibe.

In diesem Sonnensystem ist die „Sonne" der Atomkern, ihre „Trabanten" sind die Elektronen. Die Flugbahnen der Elektronen nennt man Schalen. Das komplette Atom ist elektrisch neutral, denn jedem Plus im Kern (Proton) ist zum Gegenstand seiner Sehnsucht ein Minus (Elektron) gegeben. Protonen sind positiv, Elektronen negativ; die sogenannten Neutronen sind elektrisch neutral. Jeder Atomkern enthält Protonen und Neutronen. Lediglich der Kern des Wasserstoff-Atoms besteht aus nur einem Proton. Alle Protonen sind einander gleich, alle Elektronen ebenso.

Entscheidend für die Art des Elementes ist der Aufbau eines Atoms: wieviel Protonen der Kern enthält und wieviel Elektronen ihn umkreisen. Die Elektronenzahlen folgender Elemente lassen beispielhaft die großen Unterschiede unter den Atomen erkennen: Helium 2, Sauerstoff

(Fortsetzung auf Seite 334)

DR.-ING. FRIEDRICH V. BENZ

MAGNETRON — KLYSTRON — WANDERWELLENRÖHRE

Erster Teil: Das Magnetron.

Geschichte des Magnetron.

In einer englischen Radio-Fachzeitschrift war vor kurzem die Ansicht vertreten, daß der siegreiche Ausgang des zweiten Weltkrieges zum Großteil auf den erfolgreichen Einsatz der Radargeräte zurückzuführen sei; diese wieder verdanken ihre Leistungsfähigkeit der Verwendung von Zentimeterwellen. Die Erzeugung dieser Wellen war daher während dieses Krieges eine der wichtigsten Aufgaben, weshalb ihr auch von den kriegführenden Staaten besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Es darf daher nicht wundern, daß von den verschiedenen zu seiner Lösung beschrittenen Wegen nicht weniger als drei zu brauchbaren Ergebnissen geführt haben. Heute ist man in der Lage, Dezimeter- und Zentimeterwellen mit Trioden, mit dem Magnetron und dem Klystron zu erzeugen. Die Wanderwellenröhre dient zur Verstärkung dieser Wellen.

Mikrowellentrioden sind in Form der sogenannten Scheibenröhren — in Amerika auch Leuchthausröhren genannt — herausgekommen. Sie dienen allerdings mehr zur Erzeugung geringer Leistungen und zwar insbesondere für Wellen von etwa 10 cm und darüber.

Große Leistungen werden indessen heute nur mit dem sogenannten Magnetron erzeugt. Es dient daher auch vorwiegend zur Erzeugung von Radar-Impulsen, die es bereits mit Leistungen von über 1000 kW zu erzeugen vermag.

Der Gedanke, magnetisch gesteuerte Elektronenröhren zu verwenden, ist bereits fast so alt wie die Elektronenröhre selbst. Bereits im Jahre 1906 meldete Lieben ein Patent hierüber an.[1]) Der erste, dem mit Hilfe einer magnetisch gesteuerten Röhre eine Schwingungserzeugung gelang, war der Engländer Hull.[2]) Die Hullsche Röhre eignet sich jedoch nicht zur Erzeugung kurzer Wellen. Der erste, der mit Hilfe einer magnetisch gesteuerten Röhre diese erzeugen konnte, war der Deutsche Habann.[3])

Schwingungen erster Art.

Habann-Schwingungen. Abbildung 1 zeigt den Aufbau der Habann-Röhre. Eine zylinderförmige Anode umgibt den achsial verlaufenden Heizfaden. Die Anode ist durch zwei Schlitze in zwei gleiche Hälften geteilt. Ein starker permanenter oder Elektromagnet erzeugt ein achsial gerichtetes Magnetfeld. Zwischen den beiden Anodenhälften ist der Schwingkreis geschaltet. Das Zu-

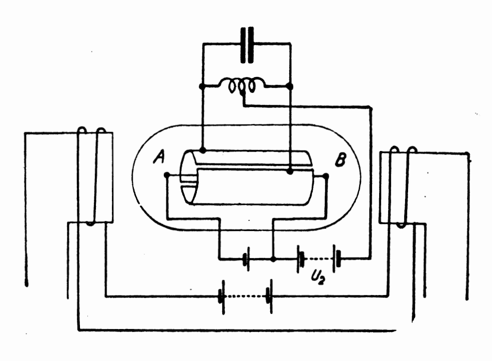


Abbildung 1: Zweischlitzmagnetron älterer Bauart (Habannröhre)

standekommen von Schwingungen kann folgendermaßen erklärt werden:

Bei gleicher positiver Spannung beider Anodenhälften durchläuft das Elektron eine der in Abbildung 2 gezeigten Bahnen in Form einer Herzkurve. Die Bahn ist kurz und stark gekrümmt, wenn die Spannung nieder und die magnetische Feldstärke groß ist. Erst bei einer großen Spannung kommt ein Anodenstrom zustande, denn dann bewegt sich das Elektron nicht mehr zum Heizfaden zurück, wie dies bei den Bahnen 1 und 2 der Fall ist, sondern trifft auf die Anode auf. Das Elektron verläßt in dem in Abbildung 2 gezeigten Fall 3 den Heizfaden links oben, bewegt sich zunächst ganz langsam, denn es wird erst unter dem Einfluß der Felder beschleunigt, um dann, genügende Spannung vorausgesetzt, auf die Anodenhälfte B aufzutreffen. Es ergibt sich also die bemerkenswerte Erscheinung, daß, obwohl das Elektron während des größeren Teiles der Zeit seiner Bewegung unter dem Einfluß des Fel-

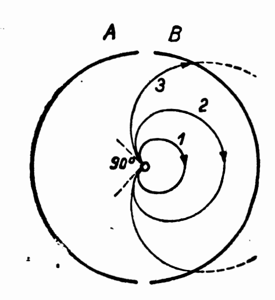


Abbildung 2: Elektronenbahn im Magnetron

des der Elektrode A steht, dennoch zur Elektrode B gelangt. Eine Spannungserhöhung von A wird daher den Anodenstrom zu B erhöhen, eine Verringerung dagegen erniedrigen. Das gleiche tritt aber auch für den Einfluß der Elektrode B auf. Man erhält demnach zwei Kennlinien: Durch Erhöhung der Spannung U_1 der einen Elektrode nimmt der Strom J_2 der zweiten zu und bei Erhöhung von U_2 der Strom J_1. Wenn wir annehmen,

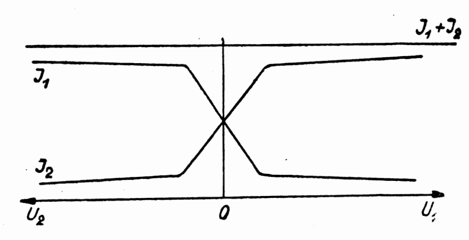


Abbildung 3: Kennlinien der Habannröhre

daß die eine Spannung in der gleichen Weise abnimmt wie die andere zunimmt, so erhält man den in Abbildung 3 gezeichneten Verlauf. Denn die Summe der beiden Anodenströme ist dann angenähert konstant. Man erhält somit eine fallende Kennlinie sowohl für den Anodenstrom der einen wie der anderen Elektrode. Dies ist aber der Voraussetzung zur Schwingungserzeugung.

[1]) R. v. Lieben: Oe. P. Nr. 54011 v. 7. 10. 1910.

[2]) A. Hull: Phys. Rev. 18, S. 31 (1921) — 23, S. 112 (1924).

[3]) E. Habann: Z. Hochfrequenzt. 24, 115 (1924).

Ein positiver Ladungsstoß an A hat somit eine Erhöhung des Anodenstromes bei B und damit eine Verringerung des Potentials von B zur Folge. Dies bewirkt aber durch Induktionswirkung über den Schwingkreis eine Erhöhung des Potentials bei A usw. Die Frequenz der sich erregenden Schwingung ist vorwiegend durch den Schwingkreis bestimmt.

Der Weg zum Mikrowellenmagnetron.

Einer Erhöhung der Schwingungsfrequenz bis in das Gebiet der höchsten Frequenzen stellten sich aber zunächst zwei schwer überwindbare Hindernisse entgegen: Erstens war es zunächst noch nicht möglich, Schwingkreise genügend großer Güte für sehr kurze Wellen herzustellen und mit der Röhre zu verbinden, zweitens zeigte sich die Elektronenlaufzeit in der Röhre als zu groß. Um den Elektronenweg und die Laufzeit abzukürzen, wurden zwar Vierschlitzmagnetrons verwendet, doch konnten auch mit diesen zunächst keine wesentlich größeren Frequenzen gewonnen werden.

Der nächste Schritt galt daher dem Studium und der Verbesserung der Schwingkreise und ihrer Verwertbarkeit für Magnetrons. Schon bei der Habannröhre wurden an Stelle der quasistationären Schwingkreise in Form von Spulen und Drehkondensatoren nicht quasistationäre, nämlich sogenannte Lecherleitungen benützt. Bekanntlich stellt eine offene Doppelleitung infolge der Kapazität der beiden Leiter gegeneinander und ihrer Selbstinduktion einen Schwingkreis mit verteilter Kapazität und Induktivität dar, der natürlich in Resonanz ist, wenn ihre Länge gleich einer Viertelwellenlänge und sie am Ende kurzgeschlossen ist. Derartige Lecherleitungen zeigen aber bei sehr kurzen Wellen große Verluste, erstens wegen des Skineffektes, der mit der Frequenz zunimmt, und zweitens wegen der Strahlungsverluste, die sich besonders störend bemerkbar machen. Ersetzt man die Lecherleitung durch eine konzentrische Rohrleitung, so daß der eine Leiter Innenleiter und der andere Außenleiter wird, so bleibt das ganze Feld innerhalb des geschlossenen Rohres, und man vermeidet jegliche Abstrahlung. Wegen der größeren Leiterfläche ist auch der Skineffektverlust wesentlich geringer. Die so erreichte Schwingkreisgüte ist gegenüber der von Lecherleitungen oder quasistationären Schwingkreisen wesentlich größer und steht der der Hohlraumkreise nur um weniges nach. Mit der Einführung von Hohlraumkreisen, bei denen das Auftreten von Resonanzerscheinungen in metallisch abgeschlossenen Hohlräumen ausgenützt wird, wurde ebenfalls eine Möglichkeit geschaffen, Kreise mit sehr großen Güten zu erzeugen.

Die Schwingungen zweiter Art.

Versuche mit der Magnetröhre ergaben weiter, daß neben den genannten Habann-Schwingungen auch andere Schwingungsarten auftreten können. Als Schwingungen zweiter Art sind solche zu bezeichnen, bei denen das Elektron bei seinen Hinundherbewegungen zwischen Anode und Kathode (Transversalschwingungen) in ersterer Wechselladungen induziert. Diese Schwingungen sind vor allem von englischen, amerikanischen und deutschen Forschern studiert worden.[4]) Es gelang sogar, extrem kurze Wellen von 0,64 cm zu erzeugen.[5]) Es waren jedoch nur kleine Leistungen und niedrige Wirkungsgrade erreicht worden.

Das Mikrowellenmagnetron.

Erst um das Jahr 1940 gelang es in England unter Ausnützung der auf dem Gebiete der Hohlraumtechnik gemachten Erfahrungen, eine Röhre zu entwickeln, bei der die Anode aus einem Kupferblock bestand, der ringförmige Ausnehmungen erhielt, die als Schwingkreise dienten. Abbildung 4 zeigt die prinzipielle Anordnung, sie stellt einen Schnitt

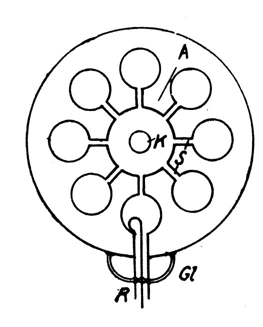


Abbildung 4: Moderne Achtschlitzröhre

durch eine Achtschlitz-Magnetronröhre dar. K ist die zylinderförmige Kathode und A die Anode, S sind die Schlitze. Die erzeugte Hochfrequenz wird mit Hilfe einer konzentrischen Rohrleitung R abgenommen. Die Röhre ist durch eine Glasglocke Gl vakuumdicht abgeschlossen.

Man benützt hier eine inzwischen entdeckte dritte Art der Schwingungserregung, die sogen. **Laufzeitschwingungen** (Schwingungen dritter Art). Da sie heute nahezu ausschließlich zur Mikrowellenerzeugung verwendet werden, soll ihr Mechanismus im folgenden näher erklärt werden.

[4]) **G. R. Kilgore:** Proc. I. R. E. **24**, 1140 (1936). — **E. C. S. Megaw:** Jour. I. E. E. **72**, 326 (1933). — **K. Okabe:** Proc. I. R. E. — **Herriger** u. **Hülster:** Hochfrequenzt. **49**, 123 (1937).

[5]) **C. E. Cleeton** u. **N. H. Williams:** Phys. Rev. **45**, 234 (1934) — **50**, 1091 (1936).

Die Elektronenbahn im Mikrowellenmagnetron.

Es erscheint angezeigt, zunächst einmal die Bahn eines Elektrons in einem ebenen elektrischen und magnetischen Feld zu studieren. Wir betrachten dazu Abbildung 5. Die untere Elektrode sei die Kathode, die obere die Anode. Die Kraftlinien verlaufen also parallel zur Zeichen-

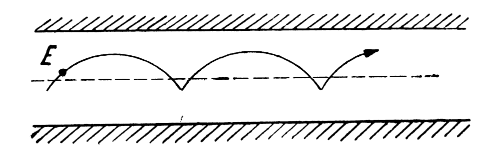
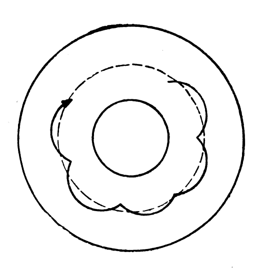


Abbildung 5: Elektronenbahn im ebenen elektrischen Feld

ebene. Senkrecht zu ihr möge ein homogenes Magnetfeld verlaufen. Eine einfache Berechnung zeigt nun, daß ein zwischen den beiden Elektroden befindliches Elektron E unter dem Einfluß beider Felder eine Zykloidenbahn durchläuft. Im Mittel ergibt sich dabei eine Bewegung parallel zu den beiden Elektroden längs der Papierebene, also längs einer Niveaulinie. Trotz der anziehenden Kraft der Anode durchläuft also das Elektron unter dem Einfluß des Magnetfeldes eine senkrecht zu den elektrischen Feldlinien verlaufende Bahn. Die Zykloiden sind um so weiter, je größer die elektrische und je kleiner die magnetische Feldstärke ist. Ersetzt man die in Abbildung 5 gezeigte ebene Anordnung durch die in Abbildung 6 gezeigte zylindrische, so folgt auch dann noch das Elektron im Mittel einer Niveaulinie, also einer Kreisbahn. Dies ist auch dann der Fall, wenn infolge zusätzlicher Spannungsdifferenzen zwischen den einzelnen Anodensegmenten Unregelmäßigkeiten in ihrem Verlauf auftreten. Im Grunde genommen bewegt sich also das Elektron auch in der in Abbildung 4 gezeigten Magnetronröhre in einer Kreisbahn, einem sogenannten Leitkreis, dem allerdings Rollkreise überlagert sind.


Abbildung 6: Rosettenbahn im radialen elektrischen und achsialen magnetischen Feld

Sie spielen jedoch für das Zustandekommen der Schwingungen keine nennenswerte Rolle, wir wollen daher von der überlagerten Rollkreisbewegung ganz absehen.

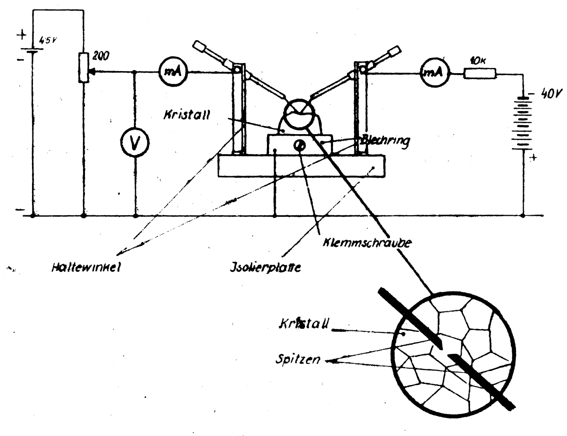
(Fortsetzung auf Seite 335)

Amateure ans Werk - Erfindungen liegen in der Luft!

Wir **experimentieren** mit der neuen **Kristalltriode**

Gratisbezugs-Kupon für Versuchskristall finden Sie auf Seite 326

„Das müssen wir sofort probieren" war der erste Gedanke, der uns alle beim Eintreffen der Meldung über die neue Kristalltriode bewegte. Doch dazu brauchen wir vor allem Germanium. Also schnell die nächste Apotheke anrufen. „Germanium? Leider nicht. Wird auch in der Heilkunde weder als Arznei noch als Reagens verwendet." Das war die erste Enttäuschung. Nun gut, also versuchten wir unser Glück bei einem chemischen Labor. „Germanium? Bedaure! Die Beschaffung wird wohl fast unmöglich sein. Höchstens in Sammlungen könnten Sie es finden, ansonsten wird es nirgends verwendet." Nun war guter Rat teuer. Germanium ließ sich nicht schnell genug beschaffen, folglich mußten wir es mit etwas anderem versuchen. Also Silizium, den zweiten in der Meldung genannten Halbleiter. Wieder ans Telephon. Und diesmal klappte es. Das erste Problem war also gelöst. Nun ans zweite. Zwei feine Spitzen aus Wolfram oder Phosphorbronze. Phosphorbronze? — daraus werden doch die feinen Spiralfedern der Meßinstrumente hergestellt. Es wurde die Schrottkiste umgedreht und aus einem alten Drehspulmeßwerk die beiden Federn ausgebaut. Die Versuchsanordnung war schnell aufgebaut. Das Bild zeigt sie und die dazugehörige Schaltung.



Die Versuchsanordnung und dazugehörige Schaltung

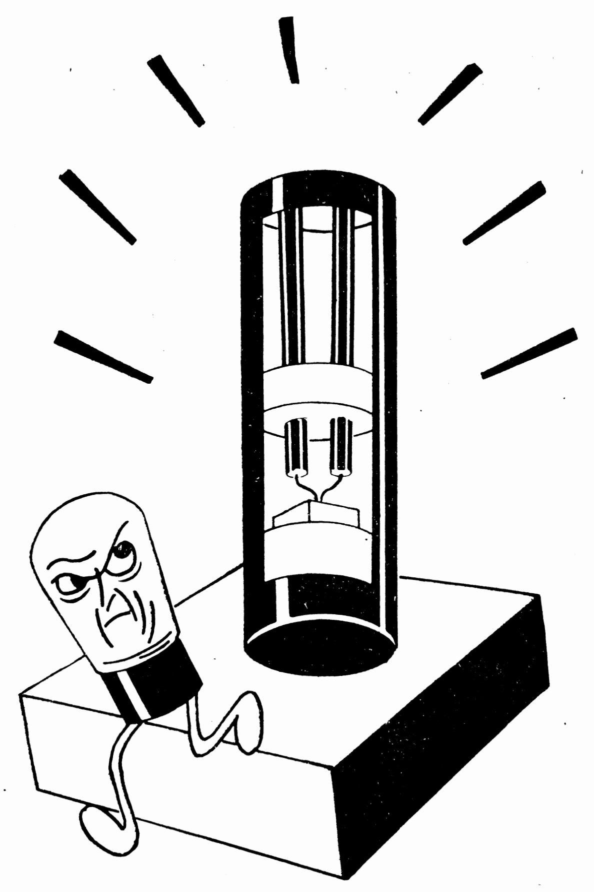
Auf ein Stück Messingrohr von zirka 1,5 cm Durchmesser und 1 cm Länge wurde ein Boden aufgelötet. In der Mitte des Bodens wurde ein kleines Loch gebohrt. Nun ließ sich der kleine Topf leicht auf der Isoliergrundplatte festschrauben. Seitlich mußte noch eine Klemmschraube zum Festhalten des Kristalles angebracht werden. Da der Gewindebohrer gerade nicht zur Hand war, wurde einfach ein kleines Loch gebohrt und sodann noch eine Messingmutter von außen aufgelötet. Zwei Metallwinkel, rechts und links vom Kristallhalter montiert, dienten als Halter für die beiden Spitzen. Um diese auch gut einstellen zu können, wurde folgende Anordnung gewählt: die beiden zirka 1 cm langen Federchen wurden an je einen 4 mm starken und zirka 5 cm langen Messingbolzen angelötet. Aus hartem, federndem Messingblech wurden zwei kleine Hülschen gebogen, in denen die Bolzen verschiebbar waren. Da die Längsnaht der Hülsen nicht zugelötet wurde, federten diese sehr gut. Der Bolzen ließ sich leicht hin und her schieben und war trotzdem in jeder Stellung fest genug geklemmt.

Zwei mit den Köpfen an die Hülsen angelötete Zylinderkopfschrauben (M 3) dienten als Drehachsen. Am oberen Ende der beiden Haltewinkel wurden zwei Löcher gebohrt, die beiden als Drehachsen dienenden Schrauben durchgesteckt, ein Federscheibchen beigelegt und die Muttern aufgeschraubt. Zwei Gegenmuttern sicherten gegen Verdrehen. An die eine Spitze mußte nun eine Spannung von zirka + 1 V gelegt werden. Als Spannungsquelle wurde eine normale Flachbatterie herangezogen. An einem Potentiometer (200 Ohm) ließ sich jede beliebige Spannung einstellen. Zwei Instrumente, ein Voltmeter und ein Milliamperemeter, wurden entsprechend der Schaltung eingebaut und damit war der Steuerkreis fertig. Die — 40-Volt-Spannung, die an die andere Spitze anzulegen ist, wurde einem Netzgerät entnommen. Da zu erwarten war, daß beim Einstellen der Spitzen des öfteren Kurzschlüsse auftreten werden, wurde in die Leitung ein Schutzwiderstand von 10 kOhm geschaltet. Zur Messung des Stromes wurde das in der Schaltung gezeichnete Instrument in den Arbeitskreis eingebaut. Soweit ging ja alles sehr schnell und einfach. Doch nun tauchte ein neues Problem auf. Wie zwei feine Spitzen erzeugen und wie diese beiden feinen Spitzen in einem Abstand von 0,03 mm aufstellen? Die erste Frage wurde verhältnismäßig roh gelöst. Mit einer Papierschere wurden die beiden Federchen schräg abgeschnitten (zirka in einem Winkel von 20° zur Längsrichtung der Federn). Und dann wurde halt probiert. Sämtliche Vergrößerungsgläser wurden „hintereinandergeschaltet". Mehrere Hände müßte man haben. Eine braucht man zum Einstellen und drei, um die Vergrößerungsgläser zu halten. Wie sehr wir uns aber auch mühten, der Erfolg blieb aus. Man konnte die Steuerspannung verändern wie man wollte, das Instrument im Arbeitskreis blieb eisern am selben Punkt stehen, so als ob der Zeiger festgeklebt wäre. Ja, 0,03 mm wollen eben eingestellt sein. Und eine normale Lupe vergrößert eben nur vierfach. Ein Mikroskop? Wäre schön, nur muß man es zur Hand haben. Also nochmals ver-

(Fortsetzung auf Seite 326)

Kristalltriode kontra Elek

Der 30. Juni 1948 scheint ein historisches Datum in der
die „Technik der Elektronen" genannt wird, zu werden.
Telephon-Gesellschaft ein auf einem gänzlich neuen phy
einem sachverständigen Publikum vorgeführt. In den ei
daß die Erfindung der „Kristalltriode", die in der e
wird, die erste wirkliche Herausforderung der Elektro



Die Vorgeschichte.

Schon seit unzähligen Jahren ist ja die Gleichrichterwirkung, d. h. die Eigenschaft einer nichtlinearen Kennlinie, bei den verschiedenen Halbleitern bekannt. Eine nichtlineare Kennlinie entsteht doch bekanntlich durch einen von der angelegten Spannung abhängigen Widerstand des betreffenden Materials. Man sagt dann auch, der Strom folgt nicht dem „Ohmschen Gesetz". Das ist natürlich nur begrenzt richtig, denn in Wirklichkeit ändert sich durch die Spannungsänderung am betreffenden Material der Widerstand und durch die Widerstandsänderung der Strom. Aber wie gesagt, diese Tatsache ist ja altbekannt und wurde schon beim guten seligen Detektorempfänger ausgenützt. In den letzten Jahren wurde die Gleichrichterwirkung von Halbleitern, in der Hauptsache Germanium und Silizium, besonders in der Radartechnik, in immer größerem Umfang ausgenützt. Die Kristalldiode trat ihren Siegeszug an und führte, besonders im Gebiete der Zentimeter-Wellen, fast ganz zur Verdrängung der Hochvakuum-Diode. Bei der wissenschaftlichen Untersuchung der Theorie der elektrischen Leitfähigkeit von Halbleitern kam Dr. Shockley von der Bell-Telephon-Gesellschaft zu der Vorhersage, daß es möglich sein müßte, mit Hilfe eines von außen (ohne Berührung) an den Halbleiter angelegten elektrischen Feldes dessen Leitfähigkeit zu ändern.

Abbildung links zeigt einen stark vergrößerten Querschnitt durch die von Bell konstruierte Kristalltriode

Man hätte also die Möglichkeit, durch die elektrische Feldänderung die Steuerung eines bei konstanter Spannung durch den Halbleiter fließenden Stromes zu erreichen. Die praktische Durchführung seiner Versuche, konnte aber nicht die von Dr. Shockley aufgestellte Theorie bestätigen. Die Elektronen schienen an der Oberfläche des Materials abgefangen zu werden und wirkten nicht so, wie angenommen. Hier schaltete sich Dr. Bardeen ein, dessen Theorie von den Vorgängen an der Oberfläche viele der beobachteten Tatsachen auf befriedigende Art erklären konnte. Neu durchgeführte Versuche, die in Zusammenarbeit mit Dr. Brattain unternommen wurden, führten dann zur Erfindung der „Kristalltriode".

Die „Kristalltriode".

Wie ist nun ihre Arbeitsweise? Betrachten wir uns dazu Abbildung 1. Einen Halbleiter — in der Originalkonstruktion ist es ein Germaniumkristall, es kann wahrscheinlich genau so gut ein Siliziumkristall oder anderer Halbleiter sein — berühren zwei Kontaktspitzen, die aus Wolfram oder Phosphorbronze bestehen.

Abbildung 1: Die Grundschaltung einer Kristalltriode

An die eine Spitze wird eine p o s i t i v e Vorspannung von ungefähr 1 V gelegt und die zu verstärkende Spannung eingespeist. Die zweite Spitze muß nun in einem Abstand von 0,05 (optimale Wirkung) bis 0,25 mm von der ersten Spitze angebracht sein. Sie ist n e g a t i v mit ungefähr 45 V vorzuspannen. Der interessante Effekt ist nun, daß durch die Aenderung der Eingangsspannung der Leitwert des Halbleiters nicht nur zwischen Kontaktstelle und Masse, sondern auch in einem Umkreis mit einem Radius von ungefähr 0,25 mm um die erste Spitze herum variiert. Durch diese Widerstandsänderung auf Entfernung ist es aber andererseits natürlich auch möglich, einen im Ausgangskreis fließenden Strom zu steuern. Interessant ist nun, daß dieser Widerstand „vorzugsgerichtet" ist, da der Widerstand von Spitze zu Spitze äußerst groß ist.

Die physikalische Erklärung.

Nach einer Veröffentlichung der Bell-Telephon-Laboratorien beruht die Wirkungsweise der „Kristalltriode" auf der Tatsache, daß Elektronen in einem Halbleiter Strom auf zwei verschiedene Arten tragen können. Dies deshalb, weil die meisten Elektronen in einem Halbleiter nicht dazu beitragen, den Strom überhaupt zu befördern. Statt dessen werden sie in festgelegten Stellungen gehalten und wirken wie fester Zement, in einem festen Körper die Atome zusammenzubinden. Wenn nun eines dieser Elektronen von seinem Platz verschwindet oder wenn ein anderes Elektron eingeführt wird, kann der Strom getragen werden. Wenn andererseits eines dieser Elektronen, das normalerweise im Zement vorhanden ist, entfernt wird, kann sich das „Loch", das es hinter sich zurückläßt, wie eine Blase in einer Flüssigkeit bewegen und daher Strom tragen. In einer aus einem Halbleiter erzeugten „Kristalltriode", die normalerweise nur durch den Zusatz-Elektronen-Prozeß leitet, fließt der Strom in den Eingangspunkt, der auf niedriger positiver Spannung liegt, herein, und aus dem Ausgangspunkt, der auf höherer negativer Spannung liegt, heraus. Der Bereich der Wechselseitigkeit wird durch die „Löcher" erreicht, die durch den Eingangsstrom entstehen und auf den Ausgangsstrom wirken.

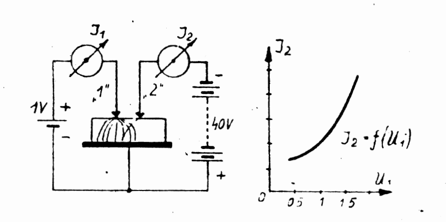
onenröhre

:lung der „Elektronik", wie heute auch allgemein
sem Tag wurde im West-Street-Hörsaal der Bell-
ien Prinzip beruhender Verstärker zum ersten Mal
den Worten zu dieser Vorführung wurde erklärt,
sprachigen Literatur als „Transistor" bezeichnet
e während ihres 40jährigen Bestandes darstellt.

Von anderer Seite (W. Wells) wird vermutet, daß in den zur Verwendung gelangenden Germaniumkristallen als Unreinheit ein kleiner Zinngehalt vorhanden ist, der die Leitfähigkeit durch Erzeugung von Extra-Elektronen beeinflußt. Zwischen den inneren und äußeren Elektronenhüllen des Germaniumatoms besteht eine Zone, deren Kraftfelder das Vorhandensein kreisender Elektronen unter normalen Bedingungen nicht zulassen. Die Nähe des Zinnatoms zerstreut diese Kraftfelder und ergibt die Möglichkeit, daß vier Elektronen der 0-Hülle in der „verbotenen" Hülle des Germaniumatoms kreisen. Diese ausgeborgten Elektronen erfordern eine höhere Potentialdifferenz zwischen dem Kontakt und dem Kristall zu ihrer Befreiung und, wenn der Kontakt genügend positiv geworden ist, dehnen sich die Bahnen dieser Elektronen aus und bewirken dadurch, daß sie in die äußere Zone gelangen, die Leitfähigkeit. Im umgekehrten Falle reduziert ein negatives Potential am Kontakt die Bahnen der ausgeborgten Elektronen und daher auch die Leitfähigkeit. Um den Stromfluß zwischen dem negativ geladenen Kontaktpunkt und dem Kristall aufrecht zu erhalten, ist ein ziemlich hohes Potential erforderlich, da die geborgten Elektronen unter die Wirkungszone geschleudert werden und nur die äußeren Elektronen des Germaniumatoms teilnehmen. Wenn jedoch in nächster Nähe des ersten Kontaktes ein zweiter hinzugefügt und positiv geladen wird, werden die geborgten Elektronen erneut wirksam und geben ungefähr doppelt soviel frei. Diese neu befreiten Elektronen in Zusammenwirkung mit dem „Gitterstromkreis" ändern die Leitfähigkeit des „Anodenstromkreises" und bewirken dessen Streuung.

Vergleich mit einer „Vakuum-Triode".

Die bisher konstruierten „Kristalltrioden" ergaben eine Leistungsverstärkung in der Größenordnung von 20 db (100fach). Es liegt nahe, die Kennlinie einer Hochvakuum-Triode der einer Kristalltriode gegenüberzustellen. Wir haben dies in Abbildung 2 gemacht. Bei den Versuchen wurden mit „Kristalltrioden" bestückte Empfänger vorgeführt, die ganz beachtliche Empfangsleistungen zeigten und bis in das Frequenzgebiet von 10 MHz herab einwandfrei arbeiteten. Sogar Fernsehverstärker wurden mit der neuen Kristalltriode schon gebaut. Ein heikler Punkt der ganzen Angelegenheit ist noch die Verwendung der Kristalltriode in der Endstufe, da diese bei einer Ausgangsspannung von 40 V ungefähr 50 mW beträgt. Sehr wichtig ist noch die Tatsache, daß die Einstellung der Eingangsspannung großen Einfluß auf die Steilheit der Kristalltriode hat. Es ist damit ohne weiteres eine Regelung möglich, die wirksamer als bei Normaltrioden sein soll.



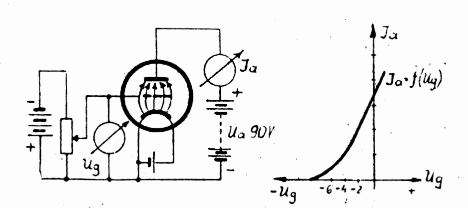


Abbildung 2: Vergleich Vakuumtriode (unten), Kristalltriode (oben)

Schaltungsmöglichkeiten.

Für den Aufbau der Schaltungen mit Kristalltrioden ist es wichtig, zu wissen, daß die Impedanz des Eingangskreises zwischen 200 bis 1000 Ohm und die des Ausgangskreises

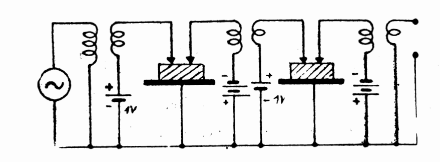


Abbildung 3: Ein zweistufiger Kristalltriodenverstärker

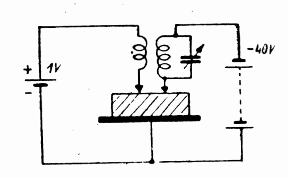


Abbildung 4: Ein Kristalltrioden-Oszillator

zwischen 10 000 und 20 000 Ohm liegt. Es ist daher bei jeder Konstruktion unbedingt der angeschlossene Belastungskreis dem Innenwiderstand anzupassen. Abbildung 3 zeigt einen zweistufigen „Kristalltriodenverstärker", der je nach der Dimensionierung der Einzelteile als HF- oder NF-Verstärker Verwendung finden kann. Abbildung 4 zeigt uns einen in der üblichen „Meißner-Rückkopplung" geschalteten „Kristalltrioden-Oszillator".

Rückblick und Ausblick.

Es ist in diesem Zusammenhange vielleicht interessant, zu wissen, daß schon Lossow und Fr. Seidel Schwingungen mit einem Detektorkristall erzeugten (Schwingdetektor). Dieser Vorgang beruhte auf der in einem bestimmten Arbeitsbereich auftretenden negativen Kennlinie eines Detektorkristalles. So erzeugte Tonfrequenz wurde sogar durch den Detektor selbst hörbar. Da die Schwingungserzeugung aber nicht konstant und die erzielte Leistung nur sehr gering war, hat der Schwingkristall in der Praxis keine Verwendung gefunden. Dies nur eine kleine Parallele zur Kristalltriode, die ja auf anderen Prinzipien beruht. Noch kann man die Verwendungsmöglichkeiten nicht alle abschätzen, da die Versuchszeit noch viel zu kurz ist. Es läßt sich z. B. aber ohneweiters annehmen, daß es möglich ist, auf einem Kristall mehrere Doppelkontaktspitzen aufzubauen, die wahlweise als Kristalltrioden in Serie oder parallel geschaltet werden können. Die Abmessungen einer „Kristalltriode" sind jetzt schon so klein, daß bequem über 100 in einer Hand Platz finden, durch die angedeutete Konstruktion könnten sie aber noch wesentlich verringert werden. Vielleicht ergibt sich so der wirkliche „Westentaschenempfänger", der auch von Heizbatterien unabhängig ist. Allerdings benötigt die Kristalltriode eine leistungsabgebende Gitterbatterie. Der Leistungsbedarf hierfür ist aber wesentlich kleiner als der der Heizung. Alles in allem kann man mit ruhigem Gewissen die Voraussage wagen, daß die Kristalltriode tatsächlich eine Revolution der gesamten Röhrentechnik und damit des Elektronengerätebaues überhaupt mit sich bringen wird. Noch steckt alles in der Entwicklung und die Mitarbeit aller interessierten Kreise ist erforderlich. Es ist tatsächlich so, wie wir auf der ersten gelben Seite (323) schrieben: Amateure ans Werk, Erfindungen liegen in der Luft! Ein neues Zeitalter der Elektronentechnik hat begonnen.

Literaturnachweis.

The Physical Review, 15. Juli 1948 — Audio Engineering, Juli, August 1948 — Electronics, August 1948 — Radio Craft, September 1948 — Electronic Engineering, September 1948 — Bell Laboratories Record, August 1948 — Wireless World, Oktober 1948 — Toute la Radio, September 1948 — Vilbig, Lehrbuch d. HF-Technik 1942 — Chefkonstrukteur J. Sliskovic (mündliche Angaben).

Fortsetzung von Seite 323)

Wir experimentieren mit der neuen Kristalltriode

suchen. Und siehe da! Wenn man den Kristall so stellt, daß eine glatte Fläche im Licht spiegelt, und die beiden Federn so einlegt, daß ihre flachen Seiten mit der Kristallfläche zirka einen Winkel von 10° einschließen, dann sieht man auch mit einem normalen Vergrößerungsglas die Spitzen verhältnismäßig gut und mit viel Geduld lassen sie sich auf den gewünschten Abstand zusammenschieben (siehe Nebenskizze). Und da löste sich auch der Zeiger des Instrumentes im Arbeitskreis aus seiner Starrheit und bewegte sich. Zuerst zwar nur so wenig, daß zwischen den anwesenden Optimisten und Pessimisten ein heftiger Meinungsstreit entbrannte. Nach einigem Probieren aber konnte eine Aenderung von zirka 20 bis 25% erreicht werden. Eine brauchbare Kristalltriode war ja noch lange nicht konstruiert, denn man brauchte nur etwas fester auf den Tisch zu klopfen und der Zauber war vorbei. Die Steuerwirkung aber war nachgewiesen. Doch da tauchten schon die ersten Bedenken auf. War sie wirklich nachgewiesen oder aber konnte die Beeinflussung nicht auf andere Weise erklärt werden? Vielleicht berührten sich die beiden Spitzen direkt, dann waren die beiden Spannungsquellen einfach in Serie geschaltet (siehe Schaltung) und es ist klar, daß sich der Strom des Arbeitskreisinstrumentes ändern muß, wenn sich die in Serie dazugeschaltete Steuerspannung ändert. Doch eine Ueberschlagsrechnung zeigt, daß dies nicht der Fall war. Die Arbeitskreisspannung betrug 40 V, die Steuerspannung — 1 V, zusammen 39 V. Verändert man die Steuerspannung auf 0 V, so müßte sich die gesamte Spannung auf 40 V oder um 2,5% ändern. Der Strom aber hat sich um 20 bis 25% verändert. Durch Berühren der beiden Federn läßt sich dieser Fall ja auch sehr leicht praktisch demonstrieren. Und so überprüften wir theoretisch und praktisch das Ergebnis auf Herz und Nieren und versuchten auch zuletzt, an den Steuerkreis eine Tonspannung zu legen und diese am Arbeitskreis mittels eines Oszillographen abzunehmen. Und damit waren auch die letzten Zweifel der Pessimisten beseitigt. Die Steuerwirkung war nachgewiesen. — Und nun, lieber Leser, laden wir Sie ein, zu Hause mitzuexperimentieren. Zuerst einmal den beschriebenen Versuch durchzuführen und dann nach eigenen Ideen weiterzuarbeiten. Die Mühe d. Beschaffung eines Siliziumkristalles haben wir Ihnen abgenommen. Als Ueberraschung erhält jeder Leser gegen Einsendung eines adressierten und mit Rückporto versehenen Briefumschlages und des sich auf dieser Seite befindlichen Kontrollkupons einen Siliziumkristall **kostenlos** zugesandt. Also, Amateure ans Werk! Und die Ergebnisse Ihrer Forschungen teilen Sie uns bitte mit, wir werden sie laufend veröffentlichen, um so gegenseitig Erfahrungen und Anregungen auszutauschen. Vielleicht kann auf diese Weise die „elektron"-Leserschaft auch mit dazu beitragen, eine neue Idee zu fördern. Nun noch einige Ideen und Anregungen, die aus einem kleinen Kreis stammen:

Einstellung der Spitzen: Durch Eintauchen in einen ganz dünnflüssigen Lack (Azetonlack) eine hauchdünne Isolierschicht auf zwei feinen Phosphorbronzedrähtchen erzeugen. Beide Drähtchen parallel spannen, aneinanderpressen und mit Lack verkleben. Gemeinsam durchschneiden und durch Schleifen anspitzen, so daß eine Doppelspitze entsteht.

Material: Am besten Germanium oder Silizium. Auch die Untersuchung von Bleiglanz und sonstigen als Detektoren bekannten Kristallen ist bestimmt lohnend. Vielleicht auch Selen und sonstige Halbleiter.

Und nun noch ein Lösungsvorschlag: Aufdampfen einer hauchdünnen Silizium- oder Germaniumschicht auf einem Keramikstäbchen. Bestreichen dieser Schicht mit irgend einer gallertartigen Masse, in der sich irgendein Leitermaterial befindet, das auskristallisiert und mit den Kristallecken als Spitzen die Germaniumschicht berührt. Nach Eintrocknen der gallertartigen Schichte Aufspritzen einer Metallschichte zur Steuerstromzuführung. Da die Germanium- oder Siliziumschicht hauchdünn ist, müßte eine Widerstandsänderung zwischen den beiden Stabenden zu erreichen sein. Dif.

Kupon zum **Gratisbezug** von 1 Stück Versuchskristall

Tornisterempfänger b

als Universal-Meß- und Prüfgerät für Kurzwellen erweitert.

In Heft 2/3 „das elektron", Seite 61, wurde der Umbau des Tornisterempfängers b in ein Universalmeßgerät beschrieben. Es hat sich in dieser Form bereits vielfach bewährt, so daß dem Leserwunsch Rechnung getragen und an dieser Stelle der Umbau der Kurzwellenstufen 7 und 8 beschrieben werden soll.

Da der Bereich 6 für manche Messungen benötigt wird — ein Teil der Mittelwellen-Oszillatorschwingungen fällt noch in den Anfang des Bereiches 6 —, stehen uns für die Kurzwelle die Bereiche 7 und 8 zur Verfügung, die beide umgewickelt werden müssen, um einen möglichst großen Teil des Kurzwellenbereiches zu erfassen. Der Dreigangkondensator des Tornisterempfängers hat eine viel geringere Kapazität als die Drehkondensatoren normaler Empfänger, so daß selbst dann, wenn zwei ganze Bereiche für die Kurzwelle vorgesehen werden, nur ein Wellenband von 52 bis 24 m bestrichen werden kann, was aber für die meisten Zwecke genügt.

Und nun zur praktischen Ausführung:

Der Tornisterempfänger wird auf Stufe 7 geschaltet. Der in dieser Schalterstellung mit seinen Kontaktsegmenten an den Kontaktnocken liegende Spulensatz wird nach Lösen der vier Befestigungsschrauben herausgenommen. Die drei Abschirmbecher werden abgeschraubt und nun liegen die zu ändernden Spulen frei. Um die Arbeit zu erleichtern, können wir ohne Bedenken die Mittelanzapfungen am zweiten und dritten Kreis weglassen. Wir legen diese Anzapfungen unmittelbar an das heiße Ende und wickeln vom kalten, an der Masse liegenden Ende her Windung um Windung ab, bis nur noch 9 Windungen übrig bleiben. So verfahren wir bei allen 3 Kreisen und bauen den Spulensatz wieder ein.

Genau wie für Stufe 7 ermitteln wir den Spulensatz 8 und wickeln alle drei Spulen von dem kalten Ende her bis auf 6 Windungen ab, nachdem wir zuvor die Mittelanzapfungen an das heiße Ende gelegt haben.

Die Rückkopplungsspule braucht nicht geändert zu werden; die Rückkopplung wird durch das geänderte Windungsverhältnis lediglich ein wenig fester, setzt aber auf dem ganzen Bereich richtig aus.

Die Eichung erfolgt am einfachsten mit einem guten Super mit Kurzwellenbereich auf Millimeter-Papier. Dabei darf nicht der Fehler begangen werden, auf die Spiegelfrequenz abzustimmen, die meist etwas leiser und um die doppelte Zwischenfrequenz höher kommt als die eigentliche Empfangsfrequenz.

Heinrich Kern.

● Mit Hilfe der beiden leicht zu synchronisierenden Frequenzen 50 und 100 Hz und dem von diesen abgeleiteten Halbsinus-Lineartrapezoid und Symmetrietrapezoid ist es möglich, die Buchstaben des Alphabetes am Leuchtschirm einer Kathodenstrahlröhre zu erzeugen. Dementsprechend wurden Schaltungen ausgearbeitet, die es gestatten, durch Tastendruck bis zu 60 Worte in der Minute zu schreiben.

Dipl.-Ing. I. R. ANTON

Der Kathodenverstärker

I. Teil, Heft 8, Seite 237
II. Teil, Heft 9, Seite 291

Eine Möglichkeit, die Vorspannung in einem gewissen Bereich unabhängig vom Widerstand R_k einstellen zu können, bietet die Schaltung 12a. Mit Hilfe des Widerstandes des R_{k_1}, der auch als Potentiometer ausgebildet werden kann, läßt sich

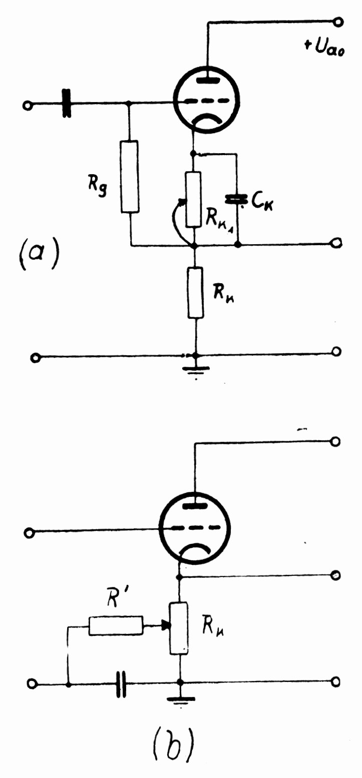


Abbildung 12 (a) und (b): Einstellung der richtigen Vorspannung, unabhängig von R_k

der richtige Arbeitspunkt einstellen. Wechselstrommäßig kommt R_{k_1} nicht zur Wirkung, wenn man einen genügend großen Kondensator C_k parallel schaltet. Unter der Einwirkung der Anodengleichspannung U_{ao} stellen sich der Ruhestrom I_o, die Kathodenruhespannungen $U_{ko} = I_o R_k$ und $U_{k_{10}} = I_o R_{k_1}$ und die Anodenruhespannung $U_a = U_{ao} - (U_{ko} + U_{k_{10}})$ ein. Die zwischen Kathode und Gitter wirksame Vorspannung U_{go} wird allein durch die Ruhespannung $U_{k_{10}}$ bestimmt und kann demgemäß durch die Wahl von R_{k_1} entsprechend eingestellt werden. Als Steuerspannung erhält man

$$U_{St\,o} = U_{go} + D U_a = -R_{K1} I_o + D\,(U_{ao} - R_K I_o \quad R_{K1} I_o) =$$

$$= D U_{ao} \cdot [(1+D) R_{K1} + D R_K] \ldots \qquad (26)$$

Man erkennt, daß der Arbeitspunkt A durch eine durch den Punkt 0 der Abszisse gelegte Gerade bestimmt wird, deren Neigung $-1/[(1+D)\,R_{k_1} + DR_k]$ mit Hilfe von R_{k_1} in entsprechender Weise beeinflußt werden kann.

Durch diese Schaltung kann auch die Begrenzung des Eingangswiderstandes durch den Widerstand R_g, dessen Höchstwert im allgemeinen mit 1 Megohm bemessen wird, eliminiert werden. Es sei beispielsweise $\mathfrak{v}_k = 0{,}9$, dann muß bei $\mathfrak{U}_e = 10$ V $\mathfrak{U}_k = 9$ V betragen. Auf $\mathfrak{U}_g$ entfällt daher 1 V. Der Strom im Eingangskreis beträgt somit $\mathfrak{J}_e = \mathfrak{U}_g / R_g = 1/10^6 = 1\ \mu$A, woraus sich für R_k der Wert $\mathfrak{U}_k / \mathfrak{J}_e = 9$ MOhm ergibt. Der Eingangswiderstand erhöht sich somit insgesamt auf 10 MOhm.

Eine Variante zur Schaltung nach Abbildung 12a zeigt Abbildung 12b, die ebenso wie die Schaltung nach Abbildung 11b bei Eingangsstufen angewendet werden kann, wenn hohe Eingangswiderstände erforderlich sind.

7. Der Kathodenverstärker als Anpassungstransformator. Geringe Frequenzabhängigkeit infolge des geringen Außenwiderstandes.

In manchen Fällen kann R_k nicht beliebig groß gewählt werden, sondern muß nach den Erfordernissen der Anpassung bemessen werden. Darin besteht übrigens ein besonderer Vorteil des Kathodenverstärkers, daß er kleine Widerstände an große anzupassen vermag. Daher wird er auch als „Impedanzwandler" bezeichnet. Gegenüber einem Transformator besitzt er den Vorzug einer weit geringeren Frequenzabhängigkeit in einem weiten Bereich. Der Eingang der Anodenbasis-Schaltung, der an den hohen Widerstand angeschlossen wird, läßt sich innerhalb weiter Grenzen auf den gewünschten Widerstandswert bringen. Der Eingang des niederohmigen Widerstandes — er sei mit Z_e bezeichnet — wird an die Ausgangsklemmen der Anodenbasis-Schaltung angeschlossen. Aus Abbildung 8 erkennt man, daß deren Ausgangswiderstand aus der Parallelschaltung der Widerstände R_k und $DR_i/(1+D)$ besteht. Diese Widerstandskombination, die mit Z_a bezeichnet werden möge, ist an Z_e angepaßt, wenn

$$Z_a = Z_e = \frac{\frac{D \cdot R_i}{1+D}\, R_K}{\frac{D \cdot R_i}{1+D} + R_K} \qquad (27)$$

woraus sich der passende Wert von R_k bzw R_i und D (Röhrentype) ermitteln läßt.

Der niederohmige Verbraucher Z_e kann auch unmittelbar an die Stelle von R_k treten, vorausgesetzt, daß er den Durchgang des Anodenstroms ermöglicht. In diesem Fall muß die richtige Anpassungsbedingung

$$Z_e = R_K = \frac{D \cdot R_i}{1+D} = \frac{1}{(1+D)\,S}$$

lauten. (28)

Soll beispielsweise die Anpassung an ein Hochfrequenzkabel mit dem Wellenwiderstand $Z_e = 100$ Ohm vorgenommen werden, so liefert bei Verwendung einer Röhre mit dem Durchgriff $D = 0{,}22$ und dem Innenwiderstand $R_i = 1300$ Ohm die Gleichung (27) als geeigneten Kathodenwiderstand den Wert $R_k = 175$ Ohm. Bei unmittelbarer Anschaltung des

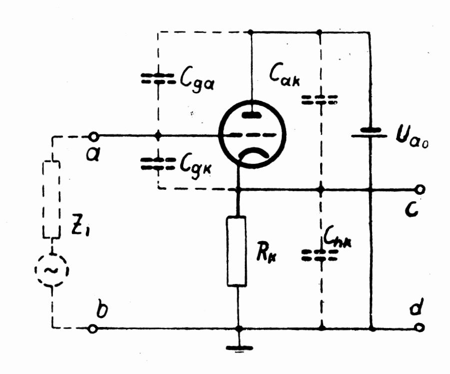


Abbildung 13: Die Röhrenkapazitäten

Kabels würde die Anpassung unbefriedigend sein, da gemäß (28) $DR_i/(1+D) = 230$ Ohm beträgt. Die richtige Lösung hängt daher in diesem

Fall von der Wahl einer geeigneten Röhrentype bzw. von der Einstellung des passenden Innenwiderstandes Ri durch die Wahl einer geeigneten Vorspannung ab.

Eigentlich besteht der Ausgangswiderstand der Anodenbasis-Schaltung *nicht allein* aus der Parallelschaltung von DRi/(1 + D) und Rk, sondern es sind ihm außerdem, wie die Abbildung 13 zeigt, auch noch die inneren Röhrenkapazitäten Cak und Cgk, letztere in Reihenschaltung mit der Parallelkombination von Cga *und dem inneren* Widerstand Zi der an den Eingang angeschlossenen Stromquelle, ferner die Kapazität Chk zwischen Heizfaden und Kathode und schließlich die Verdrahtungskapazitäten parallel geschaltet. Die Kapazität Chk, die etwa 5 bis 15 pF beträgt, tritt in Erscheinung, da der Heizdraht und der negative Pol der Anodenstromquelle gewöhnlich geerdet sind. Die Widerstände der genannten Kapazitäten sind meist so hoch, daß sie erst von etwa 1 MHz an den Frequenzgang zu beeinflussen beginnen. Auch Rk ist vielfach im Vergleich zu DRi/(1 + D) hoch [vgl. Gleichung (27)], so daß der wirksame Ausgangswiderstand der Anodenbasis-Schaltung im wesentlichen durch die Gleichung (28) bestimmt wird. Dieser niedrige Ausgangswiderstand, der in erster Näherung dem reziproken Wert der Steilheit gleichgesetzt werden kann, und die damit verbundene geringe Frequenzabhängigkeit machen den Kathodenverstärker für die Uebertragung breiter Frequenzbänder besonders geeignet (Breitbandverstärker).

8. Die geringe dynamische Eingangskapazität ist günstig für guten Frequenzgang.

Zufolge Abbildung 13 liegt parallel zum Eingangskreis, also an der Spannung $\mathfrak{U}_e$, die Gitter-Anodenkapazität Cga. Die Gitter-Kathodenkapazität Cgk liegt an der Spannung $\mathfrak{U}_g = \mathfrak{U}_e (1 - \mathfrak{v}_k)$. Die auf die Spannung $\mathfrak{U}_e$ reduzierte, also am Eingang liegende wirksame (dynamische) Kapazität beträgt somit insgesamt

$$C_e = C_{ga} + (1 - v_K) C_{gk} \qquad (29)$$

Betragen beispielsweise Cga = Cgk = 5 pF, $\mathfrak{v}_k$ = 0,9, so ergibt sich Ce = 5 − 0,1 × 5 = 5,5 pF.

Zum Vergleich sei die dynamische Kapazität eines Anodenverstärkers angeführt. Sie beträgt bekanntlich

$$C_{eA} = C_{gK} + (1 + v) C_{ga} = C_{gK} + \left(1 - \frac{1}{D}\frac{R_a}{R_i + R_a}\right) C_{gk} \qquad (30)$$

Für D = 10% und Ra = Ri erhält man CeA = 5 + 5 × 6 = 35 pF. Die Anodenbasis-Schaltung ist somit infolge ihrer wesentlich geringeren Eingangskapazität bei der Uebertragung höherer Frequenzen im Vorteil. Bei der Kathodenbasis-Schaltung kann man nur durch Anwendung von Pentoden dieselbe Größenordnung erreichen. Z. B. ergibt sich für Cga = 0,005 pF und D = 2% CeA = 5 + 0,005 × 25 = 5,13 pF.

9. Erhebliche Leistungsverstärkung.

Zufolge Gleichung (18) ist der Verstärkungsfaktor der Anodenbasis-Schaltung stets kleiner als 1. Soweit also die Uebertragung von Spannungen in Frage kommt, ist diese Schaltung gar kein Verstärker. Dagegen findet eine erhebliche Verstärkung der übertragenen Leistung statt, da der Widerstand Re, an dem die Eingangsspannung auftritt, hoch ist, während die Ausgangsspannung an einem vergleichsweise niedrigen Widerstand, nämlich an Rk oder an der Parallelschaltung von Rk und Ze steht. Der Eingangswiderstand ist vielfach Re = Rg, bisweilen auch höher (vgl. z. B. Abbildung 12a).

Die von der Anodenbasis-Schaltung aufgenommene Leistung beträgt $\mathfrak{U}_e^2/R_e$, während an den Verbraucher die Leistung $\mathfrak{U}_k^2/Z_e$ abgegeben wird. Die Leistungsverstärkung beträgt somit

$$v_L = \frac{U_K^2}{U_e^2}\cdot\frac{R_e}{Z_e} = v_K^2 \cdot \frac{R_e}{Z_e} \qquad (31)$$

Wird der Kathodenwiderstand durch den Verbraucher selbst dargestellt, so gilt unter Berücksichtigung der Gleichungen (28) und (21):

$$v_L = \frac{R_e}{4(1+D)^2 R_K} = \frac{R_e}{4 D R_i (1+D)} \qquad (32)$$

Sind jedoch Rk und der angepaßte Verbraucher angeschlossen, so ist in Formel (18) an Stelle von Rk die Parallelschaltung von Rk und Ze einzusetzen, wodurch man unter Benützung von Gleichung (27)

$$v_K = \frac{1}{2}\cdot\frac{\frac{R_K}{1+D}}{\frac{DR_i}{1+D} + R_K} \qquad (33)$$

erhält. Setzt man (33) und (27) in Gleichung (31) ein, so ergibt sich

$$v_L = \frac{R_e Z_e}{4(DR_i)^2} = \frac{R_e}{4DR_i}\cdot\frac{\frac{R_K}{1+D}}{\frac{D R_i}{1+D} + R_K} \qquad (34)$$

Das obige Beispiel würde für Re = Rg = 1 MOhm eine Leistungsverstärkund von $\mathfrak{v}_L$ = 10⁶ . 10²/4 (0,22 . 1300)² = 306 ergeben. In dem der Gleichung (32) zugrunde liegenden Fall würde die Leistungsverstärkung, richtige Anpassung vorausgesetzt (DRi/(1 + D) = 100), mit D = 22% $\mathfrak{v}_L$ = 10⁶/4 . 1,22² . 10² = 1680 betragen.

10. Geringe Verzerrungen.

Es ist bekannt, daß der günstige Einfluß der Gegenkopplung auf die Verringerung der nichtlinearen Verzerrungen von großer praktischer Bedeutung ist. Da bei der *Anodenbasis*-Schaltung die volle Ausgangsspannung entgegenwirkt, stellt sie eine 100prozentig gegengekoppelte Verstärkerstufe dar. Sie verhält sich daher im Hinblick auf die Verringerung der Verzerrungen und Verstärkungsschwankungen besonders günstig. Die gegenkoppelnde Wirkung des Kathodenwiderstandes wird daher mit Vorteil auch beim Anodenverstärker angewendet, wofür wir im folgenden Abschnitt III ein Beispiel anführen werden.

III. Beispiele für die Anwendungsmöglichkeiten des Kathodenverstärkers.

Zum Schluß sollen noch einige Beispiele gebracht werden. Damit sind natürlich die Anwendungsmöglichkeiten des Kathodenverstärkers durchaus nicht erschöpft, die Beispiele sollen nur die obigen Ausführungen von der praktischen Seite her noch etwas mehr beleuchten.

Der Wechselstromwiderstand eines dynamischen Lautsprechers bewegt sich im allgemeinen in Abhängigkeit von der Frequenz zwischen 4 und 15 Ohm und erfordert zur Anpassung an die Endröhre die Zwischenschaltung eines Uebertragers, der im Hinblick auf die notwendige Breite des zu übertragenden Frequenzbereiches einen Leistungsverlust von 20 bis 25% aufweist. Das Uebersetzungsverhältnis dieses Uebertragers wird

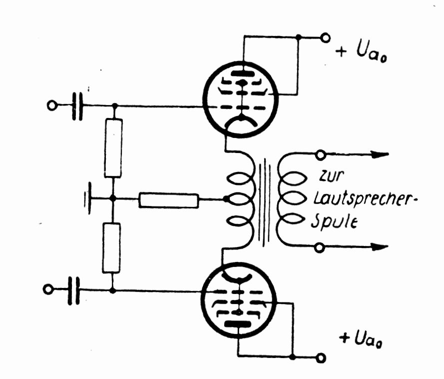


Abbildung 14: Ankopplung eines Lautsprechers über einen Kathodenverstärker

besonders bei Endpentoden sehr hoch. Der Kathodenverstärker bietet, wie Abbildung 14[1]) zeigt, die Möglichkeit, die Anpassung an den niederohmigen Lautsprechereingang in zweckmäßiger Weise vorzunehmen. Dabei wird auch infolge des niedrigen Ausgangswiderstandes des Kathodenverstärkers die oft erwünschte Dämpfung der Resonanzerscheinungen des Lautsprechers herbeigeführt.

[1]) Radio News, Radio-Electronic Engineering, Mai 1945, Seite 3.

Die auf allen Gebieten der Hoch- und Tonfrequenztechnik auftretenden Anpassungsaufgaben (z. B. Anpassung an koaxiale Kabel in der Fernmeldetechnik usw.) eröffnen dem Kathodenverstärker reiche Anwendungsmöglichkeiten. So wird er beispielsweise auch in der Fernsehtechnik als Kopplungselement zwischen den Stufen von Fernsehbildverstärkern (vgl. auch Abbildung 16), zur Herstellung niederohmiger Ausgänge, als Reglerstufe usw. verwendet. Abbildung 15 zeigt als Beispiel einen in einer Fernsehkamera untergebrachten Vorverstärker, eine Ausführung der ehemaligen Fernseh - G. m. b. H. Die vom Speicherrohr-Bildgeber (Ikonoskop) an der Impulsplatte gelieferten Bildströme werden zunächst diesem Vorverstärker zugeführt, der die Anpassung des niedrigen Kamerakabel-Wellenwiderstandes (100 bis 200 Ohm) an den hohen Innenwiderstand der Sekundäremissionsstrecke des Speicherrohres vermittelt. Der Verstärker enthält etwa zwei bis drei Stufen, von denen die letzte als Kathodenverstärker ausgebildet ist. Als Kathodenwiderstand ist das Kabel selbst mit seinem Abschlußwiderstand eingeschaltet. Der Eingangswiderstand des Vorverstärkers beträgt etwa 50 kOhm, die schädliche Kapazität an dieser Stelle etwa $C_1 = 30$ pF. Für die hohen Bildfrequenzen ($f = 3{,}5$ MHz) wird daher der Eingangswiderstand rein kapazitiv und beträgt nur mehr 1500 Ohm, während bei den tiefen Bildfrequenzen der rein reelle Widerstand $R_1 =$ 50 kOhm in Rechnung zu setzen ist. Die dadurch zu Ungunsten der hohen Frequenzen hervorgerufene Amplituden- und Phasenverzerrung wird durch das hinter dem Kabel liegende Kompensationsglied $R_2 - C_2$ ausgeglichen.

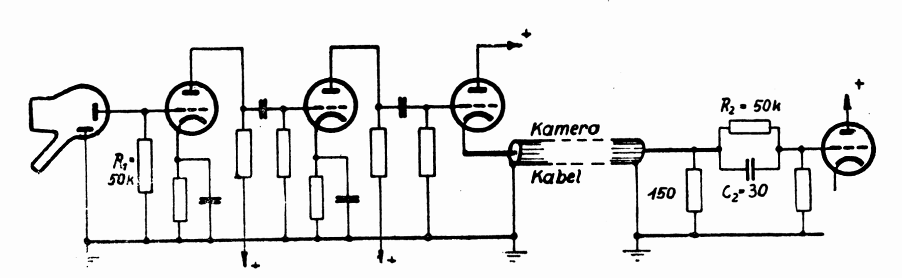


Abbildung 15: Kamera-Vorverstärker mit Kabelanpassung und Kompensationsglied

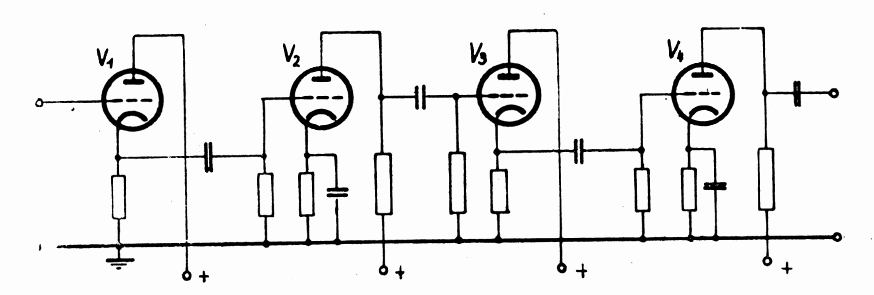


Abbildung 16: Verstärker mit Kathodenverstärkern am Eingang (Stufe V_1) und in der 3. Verstärkerstufe (V_3)

Abbildung 16 zeigt einen Breitbandverstärker, bei dem eine kombinierte Verwendung von Anoden- und Kathodenbasis-Stufen vorgesehen ist, um eine gleichmäßige Verstärkung innerhalb eines breiten Frequenzbandes zu erreichen. Die Stufe 3 ist eine Kathodenstufe, deren geringe dynamische Eingangskapazität einen Verstärkungsabfall und eine größere Phasenverschiebung im Ausgang der vorhergehenden Stufe (Kathodenbasis - Schaltung) verhindert. Ferner wird durch den niedrigen Ausgangswiderstand der Stufe 3 ein Verstärkungsabfall durch die Eingangskapazität der folgenden Stufe mit Gittersteuerung hintangehalten. Bei diesem Breitbandverstärker findet auch im Eingang (Stufe 1) der Kathodenverstärker eine wichtige Anwendung (vergleiche dagegen Schaltung Abbildung 15). Die geringe Eingangskapazität dieser Stufe verursacht nur geringe Rückwirkungen auf die vorgeschaltete Stromquelle bei hohen Frequenzen. Ferner ist hervorzuheben, daß der hohe Eingangswiderstand aus der Stromquelle nur einen vernachlässigbar geringen Strom entnimmt, praktisch also keine Belastung darstellt. In vielen Fällen, z. B. bei Oszillographen- und Fernsehverstärkern, ist dies von Wichtigkeit. Schließlich besteht ein Vorteil darin, daß die Kathodenstufe hohe Eingangsspannungen verarbeiten kann, ohne Uebersteuerungen hervorzurufen.

Als letzte Stufe eines Verstärkers wird die Anodenbasis-Schaltung nicht nur zum Zwecke der Anpassung verwendet, wie z. B. in der Schaltung nach Abbildung 15, sondern auch dann, wenn es sich darum handelt, die Ausgangsspannung unabhängig von der Größe des an den Verstärker angeschlossenen Belastungswiderstandes zu machen. Der Verstärkerausgang wirkt also in diesem Fall wie eine Stromquelle mit sehr geringem innerem Widerstand.

Die Anodenbasis-Schaltung findet auch Anwendung als Gleichrichter.[2]) Der heute allgemein gebräuchliche

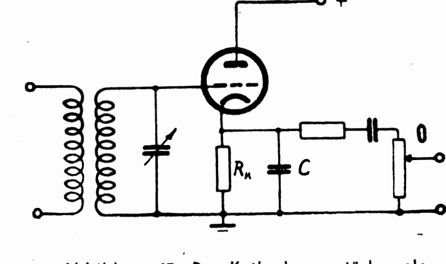


Abbildung 17: Der Kathodenverstärker als Gleichrichter

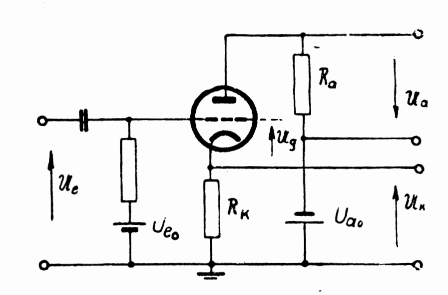


Abbildung 18: Kombinierte Anoden-Kathoden-Stufe

Gleichrichter ist die Diode, welche hohe Wiedergabegüte gewährleistet, weil sie im geradlinigen Bereich der Kennlinie arbeitet, und welche in bequemer Weise eine automatische Schwundregelung ermöglicht. Es haften ihr jedoch zwei Nachteile an. Ihr Belastungswiderstand liegt dem Eingangskreis der folgenden Stufe parallel, was den Frequenzgang ungünstig beeinflußt. Zweitens entzieht sie der vorhergehenden Stufe Leistung und vermindert dadurch die Selektivität. In Abbildung 17 ist eine Kathodenstufe dargestellt, die die Beseitigung dieser Nachteile ermöglicht. Der Kathodenwiderstand wird sehr hoch, etwa 50 bis 100 kOhm, gewählt, um den Arbeitspunkt in den unteren Knick der Kennlinie zu verlegen und eine Gleichrichterwirkung herbeizuführen. Dem Kathodenwiderstand ist außerdem ein kleiner Kondensator C in der Größenordnung von 100 pF parallel geschaltet, um die Hochfrequenzkomponente zu eliminieren. Infolge des geringen Ausgangswiderstandes bleibt der Eingangswiderstand der nachgeschalteten Stufe ohne Einfluß auf den Fre-

[2]) Radio News, Radio-Electronic Engineering, Mai 1945, Seite 3.

quenzgang, während der hohe Eingangswiderstand des Gleichrichters der vorhergehenden Stufe keine nennenswerte Leistung entzieht.

Schließlich sei noch die in Abbildung 18 dargestellte Schaltung betrachtet, die sowohl einen Anodenwiderstand R_a als auch einen Kathodenwiderstand R_k enthält. Sie wird als kombinierte Anoden-Kathoden-Stufe bezeichnet. Diese Schaltung kann zur Lieferung zweier Spannungen entgegengesetzter Phase dienen. Sie kann aber auch als Anodenverstärker verwendet werden, dessen Arbeitskennlinie durch die gegenkoppelnde Wirkung des Kathodenwiderstandes linearisiert werden soll.

Es handelt sich um eine sogenannte Anodenstrom-Gegenkopplung. Die Linearisierung der Arbeitskennlinie, also die Verminderung der nicht linearen Verzerrungen, kommt folgendermaßen zustande: Ist die Eingangs-Spannung $\mathfrak{U}_e$ sinusförmig, so wird durch die nicht lineare Kennlinie der Röhre ein verzerrter Anodenstrom entstehen, der sowohl R_a als auch R_k durchfließt. Die an R_k entstehenden Wechselspannungen weisen also auch Oberwellen auf, die sich der ursprünglich sinusförmigen Eingangsspannung überlagern. Die Phasenlage der Oberwellen dieser verzerrten Eingangsspannung ist jedoch der Phase der innerhalb der Röhre entstehenden Harmonischen entgegengesetzt, weshalb die Verzerrungen zum Teil aufgehoben werden.

Eine Rechnung, auf die nicht näher eingegangen werden kann, zeigt, inwieweit eine Verminderung der Verzerrungen durch den Kathodenwiderstand R_k herbeigeführt wird. Bei der Kathodenbasis-Schaltung beträgt der Anteil der zweiten Harmonischen $\mathfrak{J}_{a_2}$ des Anodenwechselstroms am gesamten Ausgangswechselstrom

$$\mathfrak{J}_a = \sqrt{\mathfrak{J}_{a_1}^2 + \mathfrak{J}_{a_2}^2 + \mathfrak{J}_{a_3}^2 + \ldots}$$

der sogenannte Klirrkoeffizient k_2:

$$k_2 = \frac{\mathfrak{J}_{a_2}}{\sqrt{\mathfrak{J}_{a_1}^2 + \mathfrak{J}_{a_2}^2 + \mathfrak{J}_{a_3}^2 + \ldots}} \approx \frac{1}{4} \cdot \frac{T'}{S'} \, \mathfrak{U}_g \qquad (35)$$

T' ist hierbei die für die Krümmung der Arbeitskennlinie im Arbeitspunkt maßgebende Größe, S' bedeutet die Steilheit der Arbeitskennlinie im Arbeitspunkt (Arbeitssteilheit).

Bei der kombinierten Anoden-Kathoden-Stufe ergibt sich ein geringerer Klirrkoeffizient k'_2. Er beträgt unter der Voraussetzung gleichen Verstärkungsgrades bei beiden Verstärkerschaltungen

$$k'_2 \approx \frac{1}{4} \, \frac{T'}{S'} \, \frac{\mathfrak{U}_e}{[1 + (1+D) R_k S]^2} =$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{T'}{S'} \cdot \frac{1+(1+D) R_k S}{[1+(1+D) R_k S]^2} \, \mathfrak{U}_g = \frac{k_2}{1+(1+D) R_k S} \qquad (36)$$

Die durch die zweite Harmonische bedingte Verzerrung nimmt also im Verhältnis $1/[1 + (1 + D) R_k S]$ ab. Dies gilt in den meisten praktisch vorliegenden Fällen auch für die dritte Harmonische.

(Fortsetzung von Seite 317)

Die **gefunkte** Zeitung

rere Abdrucke machen kann und noch einen Mikrofilm als Beweisstück übrig behält, was in besonderen Fällen von Wichtigkeit sein kann.

Das Entwickeln und Anfertigen von Abdrucken geht nicht so vor sich wie beim Photographieren, wo man heute den Film abliefern und frühestens morgen die Vergrößerungen abholen kann. Nein, der Film wird automatisch entwickelt und fixiert und unmittelbar darauf wird das Bild vergrößert projiziert. Das kann auf lichtempfindlichem Papier erfolgen, welches dann ebenfalls automatisch entwickelt, fixiert, gespült und getrocknet wird, worauf die telegraphierten Streifen fix und fertig laufend aus dem Apparat kommen. Wie schon gesagt, kann eine Zeitung normaler Größe mit zehn Seiten Umfang leicht in fünf Minuten gesendet und empfangen werden.

In Ergänzung des Aufsatzes über „Moderne Kondensatoren" in „das elektron", Heft 9, Seite 273—275, bringen wir einen Aufsatz über Elektrolyt- und Papierkondensatoren

Elektrolyt-Kondensatoren

Papier-Kondensatoren

Wird in einer zweckentsprechenden Vorrichtung mit einer elektrolytischen Flüssigkeit eine Aluminium-Folie und eine Kupfer-Platte gehangen, dann wird beim Anlegen des negativen Poles einer Stromquelle an die Alu-Folie und des positiven Poles an die Kupfer-Platte ein starker Strom fließen, welcher bei entgegengesetzter Polung der Stromquelle wohl auch fließt, aber hier in seiner Intensität nach und nach abnimmt, bis er endlich ganz gesperrt wird.

Bei diesem Vorgang bindet die Alu-Folie den freiwerdenden Sauerstoff an seiner Oberfläche und es entsteht ein Alu-Oxyd, welches einen hervorragenden Isolator darstellt. Je länger der elektrische Strom einwirkt, desto dicker wird die isolierende Oxyd-Schicht. Endlich hört ein Stromdurchgang überhaupt auf, weil eben die Alu-Folie nach und nach durch eine Oxydhautbildung isoliert worden ist.

Bei einer bestimmten Spannungserhöhung der Stromquelle wird ein Durchschlag dieser Isolierhaut entstehen, wobei die Höhe der Durchschlagsspannung in wesentlichem Maße von der chemischen Zusammensetzung des Elektrolyts beeinflußt wird.

In der letzterwähnten Anordnung liegt der gesamte Spannungssprung am Isolierfilm; die Alu-Folie wurde als Anode geschaltet, während der Elektrolyt als Kathode fungiert. Diese Elektroden stellen nun zusammen — mit der Oxydschicht als Dielektrikum — einen vorzüglichen Kondensator dar.

Der ungeheure Vorteil eines derartigen elektrolytischen Kondensators liegt hauptsächlich in seinen Dimensionen begründet. Allein schon das Volumen wird gegenüber einem Papier-Wickel-Kondensator bei gleichem Kapazitätswert beträchtlich geringer, weil ja die Isolierschicht nur eine winzige Dickte hat, wobei die Kapazität der Dickte des Dielektrikums umgekehrt proportional ist. Mechanisch hergestellte Isolierungen lassen sich technisch fehlerfrei niemals herstellen, deshalb werden für Papier-Wickel-Kondensatoren mindestens zwei, wenn nicht gar drei oder mehr Lagen Isolierpapier zwischen den metallischen Belegungen erforderlich, während sich aber elektrolytische Oxydschichten ganz gleichmäßig auf eine Alu-Folie aufbringen lassen. Die Dickte dieser Schicht wird von der Zusammensetzung des Elektrolyten, seiner Konzentration und dem Stromfluß, welche für die Formierung verwendet wurden, beeinflußt. Dabei sind Grenzspannungen bis 600 Volt ohne weiteres zu erreichen.

Im Anfangsstadium der Entwicklung wurden vorzugsweise „nasse" Elektrolyt-Kondensatoren konstruiert, während heute jedoch in der Praxis vornehmlich Trocken-Elkos benutzt werden, die neben anderen Vorteilen noch den Vorzug haben, daß sie in jeder Lage verwendbar sind und sich unter Umständen sogar im Zuge der Verdrahtung unterbringen lassen.

Der Elektrolyt ist hier entweder in porös-saugfähigem Papier oder in auskristallisierter Form vorhanden. Das Volumen der Trocken-Elkos ist im Verhältnis zum Kapazitätswert besonders für niedrige Betriebsspannungen sehr klein. Werte von mehreren 100 uF lassen sich in handlicher Form unterbringen, wobei für vorgesehene Abmessungen das Produkt Spannung mal Kapazität annähernd konstant ist. Die Kapazität sinkt mit fallender Temperatur; bei Trocken-Elkos etwas weniger als bei den „nassen" Ausführungen.

Das stürmische Vorwärtsdrängen in der Entwicklung dieser Kondensatoren hat zu einer immer größeren Ausdehnung von Gefahrenquellen geführt, weil ständig danach gestrebt wurde, diese Konstruktionen immer billiger und kleiner zu gestalten. Die verbrauchende Industrie verlangte aber immer höhere Kapazitätswerte bei gleichem Raumbedarf, weil sie von einer Siebdrossel sich abwendend diese durch einen Siebwiderstand ersetzen wollte. Diese Entwicklung hat zur Konstruktion von Elektrolyt-Kondensatoren mit aufgerauhter Anode geführt, deren Volumen unter den sonst gleichen Bedingungen oft bis auf den zehnten Teil des normalen Umfanges zurückgeführt werden konnte.

Dieses Verfahren hat jedoch in bezug auf den Verlustfaktor und die Temperaturbeständigkeit Nachteile. So große Hoffnungen anfangs in derartige Konstruktionen gesetzt wurden, erreichten sie doch schon wieder eine Größe, die einen Kompromiß zwischen Raumbedarf, Betriebssicherheit und Verlustarmut darstellen. Sie halten auf die Dauer nicht so hohe Wechselspannungen aus, wie die der ungeätzten Ausführungen, so daß sie hauptsächlich als Sieb-Kondensator in einer Beruhigungsanordnung, also hinter der Netzdrossel bzw. dem Siebwiderstand, eingesetzt werden.

Elektrolyt-Kondensatoren haben bei hohen Betriebsspannungen zweifelsohne viele Nachteile, im besonderen wegen der Empfindlichkeit gegen Spannungsüberlastungen bei einem Leerlauf der Stromquelle, außerdem wurde noch keine wirksame Schutzmaßnahme gegen die Temperaturempfindlichkeit gefunden.

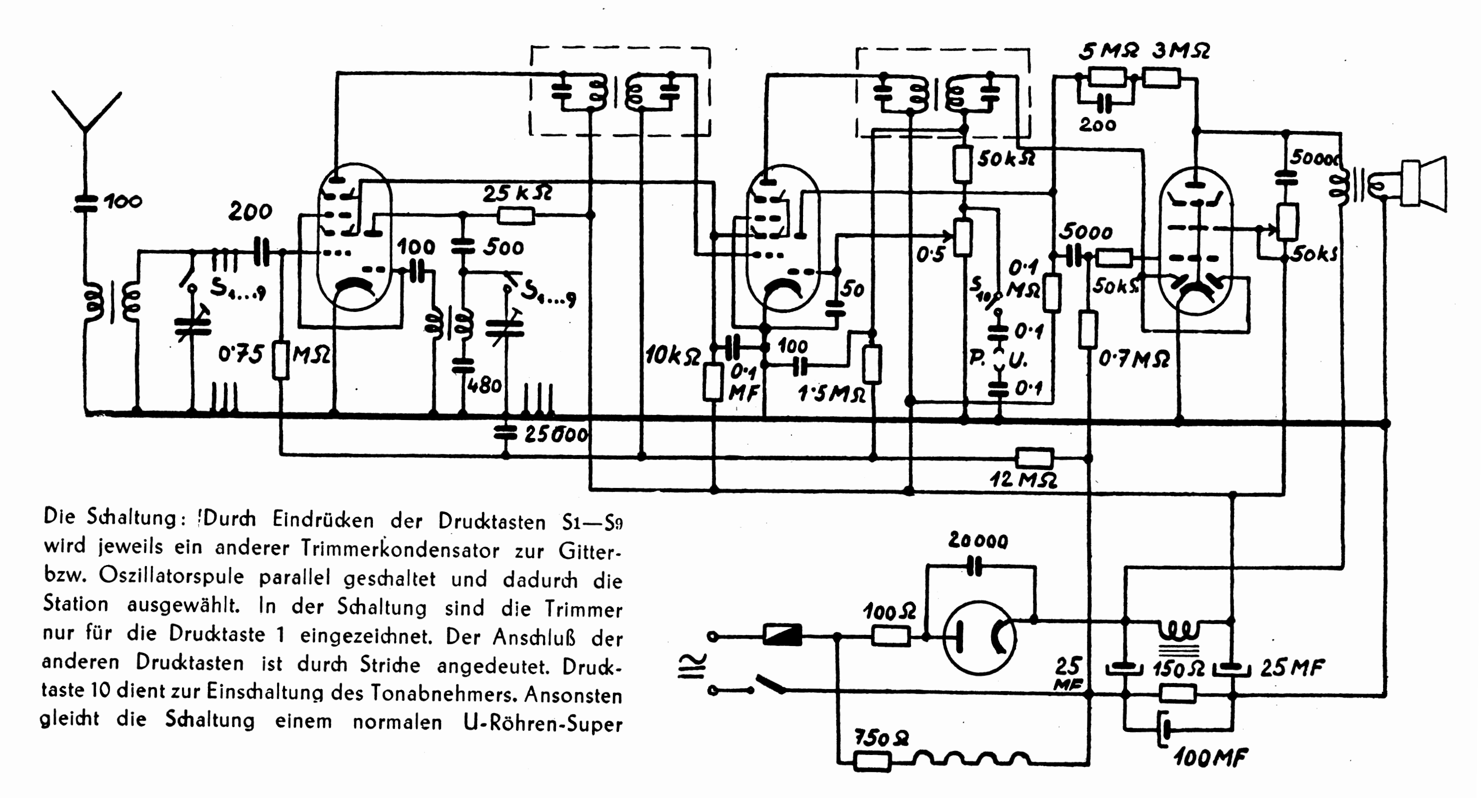
Nach der Fabrikation wird der Elektrolyt-Kondensator einer Formierung unterzogen, d. h. er wird mit einer Gleichspannung so lange belastet, bis sich die Formierhaut stabilisiert hat. Die Stromstärke sinkt dabei immer mehr, kann aber niemals „Null" werden, weil ja die winzigsten Oberflächenverunreinigungen des Aluminiums eine völlige und gleichmäßige Oxydhautbildung verhindern. Der noch restlich fließende Strom heißt „Reststrom". Fremdkörper, die sich während des Formierungsvor-

(Fortsetzung auf Seite 334)

DRUCKTASTENEMPFÄNGER

Ein Sechskreis-Allstromsuper mit neun beliebig einstellbaren Drucktastenkreisen und Tonabnehmeranschluß zum Selbstbau

Beschreibung: Vier-Röhren-Allstromsuper (UCH 4 - UCH 4 - UBL 1 - UY 1 N.) — Drucktastenbedienung — Tonabnehmeranschluß — Lautstärkeregelung — Tonblende — Automatischer Schwundausgleich — ZF: 468 kHz — Permanent-dynamischer Lautsprecher



Die Schaltung: Durch Eindrücken der Drucktasten S1—S9 wird jeweils ein anderer Trimmerkondensator zur Gitter- bzw. Oszillatorspule parallel geschaltet und dadurch die Station ausgewählt. In der Schaltung sind die Trimmer nur für die Drucktaste 1 eingezeichnet. Der Anschluß der anderen Drucktasten ist durch Striche angedeutet. Drucktaste 10 dient zur Einschaltung des Tonabnehmers. Ansonsten gleicht die Schaltung einem normalen U-Röhren-Super wie wir ihn in Heft 2/3/1948, Seite 67 (Super U III) sehr eingehend beschrieben haben. Wir bitten, gegebenenfalls dort nachzulesen.

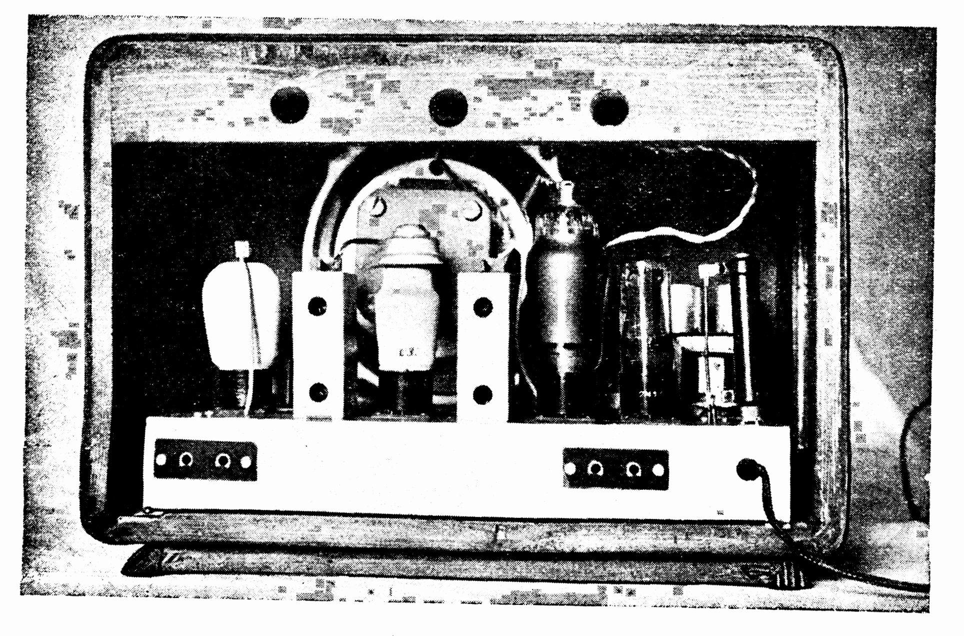


Abbildung links: Der Musterempfänger von rückwärts gesehen. Die räumliche Anordnung der Bauteile entspricht dem Aufbau der Schaltung, um möglichst kurze Leitungen zu erhalten. Ganz links befindet sich die Misch- und Eingangsröhre, dann folgt der erste Bandfilter, sodann die ZF-Stufe (und erste NF-Stufe). Neben dem zweiten Bandfilter findet die Endröhre ihren Platz. Gleichrichterröhre und Heizwiderstand bilden den Abschluß. Hinter der Gleichrichterröhre sieht man die Netzdrossel und die beiden Siebkondensatoren. Die zentrale Lage des Lautsprechers in dem stabilen Holzgehäuse gibt eine ausgezeichnete Klangwiedergabe.

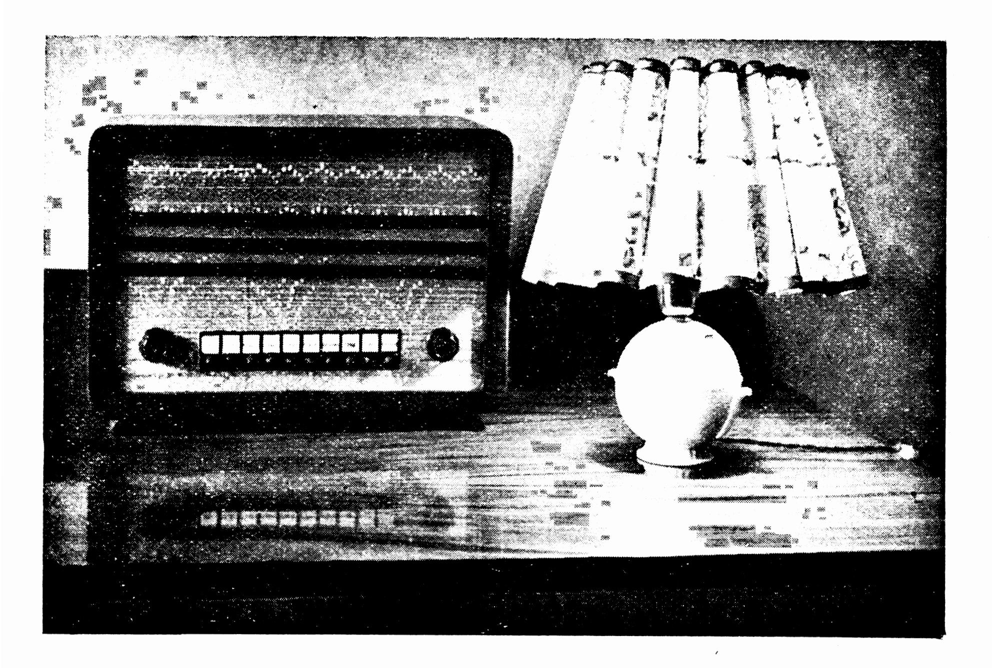


Abbildung links: Vorderansicht des mit dem zur Zeit im Handel erhältlichen Drucktastenaggregates gebauten Mustergerätes. An Stelle der üblichen Stationsskala befindet sich der zehnfach gegliederte Drucktastensatz. Die Stationsschilder sind auswechselbar und werden entsprechend den eingestellten Stationen beschriftet. Durch eine mechanische Auslöse springt beim Eindrücken einer neuen Taste die vorher eingedrückte zurück. Mit dem linken Bedienungsknopf wird der Lautstärkeregler und der Ausschalter bedient. Der rechte Drehknopf dient zur Einstellung der Klangfarbe.

Materialzusammenstellung.

Röhren:

1. Röhre UCH 4
2. Röhre UCH 4
3. Röhre UBL 1
4. Röhre UY 1 (N)

Widerstände:

R 1	100 Ohm 2 W
R 2	150 Ohm 2 W
R 3	750 Ohm 10 W
R 4	10 kOhm 1 W
R 5	25 kOhm 0,5 W
R 6	50 kOhm 0,25 W
R 7	50 kOhm 0,25 W
R 8	0,1 MOhm 0,5 W
R 9	0,7 MOhm 0,25 W
R 10	0,75 MOhm 0,25 W
R 11	1,5 MOhm 0,25 W
R 12	3 MOhm 0,25 W
R 13	5 MOhm 0,25 W
R 14	0,5 MOhm Potentiometer mit Schalter
R 15	50 kOhm Potentiometer

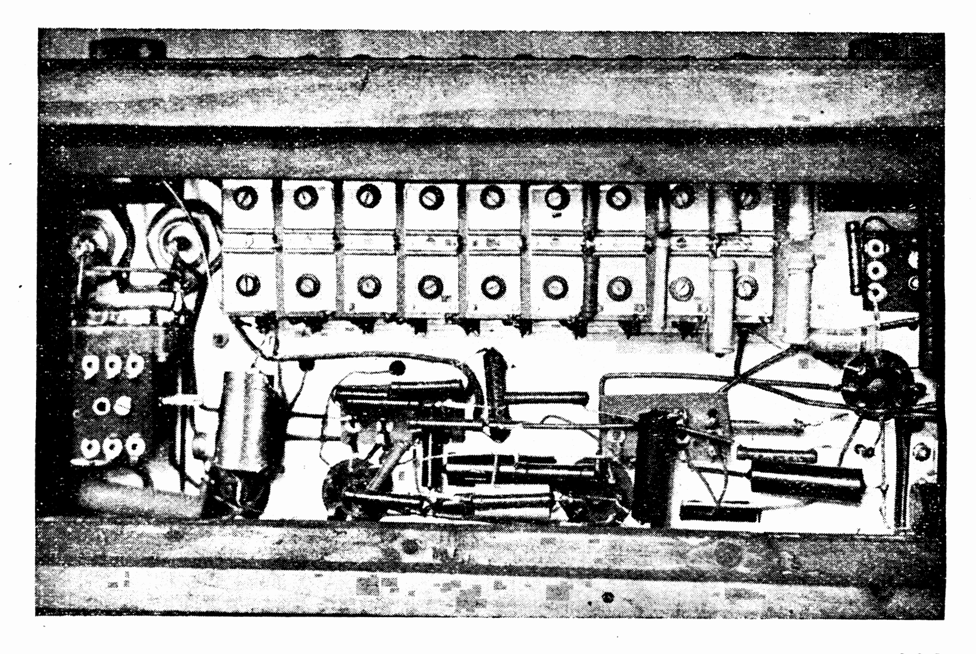
Kondensatoren:

C 1	50 pF
C 2	100 pF
C 3	100 pF
C 4	100 pF
C 5	200 pF
C 6	200 pF
C 7	480 pF
C 8	500 pF
C 9	5000 pF
C 10	20000 pF
C 11	25000 pF
C 12	50000 pF
C 13	0,1 uF
C 14	0,1 uF
C 15	0,1 uF Elko 300–330 V
C 16	25 uF Elko 300–330 V
C 17	25 uF Elko 300–330 V
C 18	100 uF Elko 12–15 V

Sonstige Einzelteile:

1 Drucktasten-Abstimmaggregat mit Spulen
2 Bandfilter 468 kHz
1 Netzdrossel 300 Ohm
1 Lautsprecher
1 Ausgangstransformator
1 Netzkabel
1 Sicherung komplett
1 Gehäuse
1 Chassis
4 Röhrensockel
4 Buchsen

Abbildung rechts: Nach Entfernen der Bodenplatte sind die neun Trimmerpaare leicht zugänglich. Um den Empfänger auf die neun Lieblingssender abzustimmen, wird nach Eindrücken der entsprechenden Drucktaste zuerst mit dem Oszillatortrimmer der Sender gesucht. Durch Nachstimmen des Eingangskreistrimmers dann auf max. Lautstärke abgestimmt. Unterhalb des Abstimmnetzes ist die Verdrahtung des Gerätes deutlich zu sehen. Die gewählte Anordnung der Großbauteile (Röhren, Bandfilter) ergibt sehr kurze Leitungsführungen. Fast in allen Fällen reichen die Anschlußenden der Widerstände und Kondensatoren aus. Um Brummerscheinungen zu vermeiden, sind die Heizleitungen verdrillt und am Chassisrand anliegend verlegt (im Bild durch die untere Holzleiste verdeckt).



Elektrolyt-Kondensatoren — Papier-Kondensatoren

(Fortsetzung von Seite 331)

ganges oder im praktischen Betrieb mit einer Gasblase überzogen hatten, können in einer längeren Betriebspause freigelegt werden und bewirken so eine Erhöhung des Reststromes. Nach kurzer Betriebszeit jedoch ist der ursprüngliche Zustand wieder hergestellt. Elektrolyt-Kondensatoren, die lange gelagert haben oder langfristig außer Betrieb waren, können bei einer Messung unter Umständen zunächst einen höheren Reststrom zeigen, als er normalerweise sein müßte; sie brauchen deswegen also noch nicht als unbrauchbar verworfen werden. Der Reststrom soll 0,5 mA je Volt und uF nicht überschreiten.

Ein idealer Kondensator müßte zwischen Strom und Spannung eine Phasenverschiebung von 90° hervorrufen. Dies ist aber in der Praxis nie der Fall, weil es einen absolut verlustfreien Kondensator nicht gibt. Bei Elektrolyt-Kondensatoren ist die Hauptquelle der Verluste der Widerstand des Elektrolyts. Da letzterer auch temperaturabhängig ist, so gibt ein kleiner Verlustfaktor auch die Gewähr hoher Temperaturkonstanz. Hauptsächlich wird der Elko zur Glättung von pulsierendem Gleichstrom, dem ein Wechselstrom überlagert ist, verwendet. Er wird sich bei einem hohen Verlustfaktor in der Praxis viel stärker erwärmen, als ein gleicher Kondensator mit kleinem Verlustfaktor, denn der Wechselstromanteil durchfließt ja den Kondensator nach Maßgabe seines kapazitiven Leitwertes.

Der Verlustfaktor ist die maßgebliche Größe für den Betrieb. Er setzt die wirksame Kapazität herab und damit auch die Filterwirkung der Siebketten; er hängt fast ausschließlich vom Widerstand des Elektrolyts und dieser wieder vom Feuchtigkeitsgehalt ab. Wenn der Elektrolyt austrocknet, erhöhen sich der Widerstand und der Verlustfaktor unter gleichzeitigem Absinken der Kapazität. Durch einen größeren Verlustfaktor wird also die Lebensdauer eines Elkos wesentlich herabgesenkt. Es ist daher überaus wichtig, daß der Verlustfaktor möglichst klein bleibt; er soll tunlichst unter 5% gehalten werden, denn er wird ja mit der Zeit nicht kleiner, sondern größer.

Mit wachsender Temperatur steigt die Kapazität an. Als Richtwert kann etwa 1% pro Grad Celsius angenommen werden. Bei höheren Temperaturen muß die Betriebsspannung herabgesetzt werden, daher ist beim Aufbau der Schaltung dafür Sorge zu tragen, daß die Kondensatoren nicht in die Nähe von Temperaturstrahlern kommen. Die zeitliche Konstanz der Kapazitätswerte liegt bei 5—10%, während die Lebensdauer unter der Voraussetzung eines richtigen Einbaues und unter Berücksichtigung der besonderen Eigenheiten mit einigen Jahrzehnten anzunehmen wäre.

So erfreulich eine Raumverringerung im ersten Augenblick erscheint, so ist doch andererseits dabei zu berücksichtigen, daß die dadurch entstehende größere Wärme je Raumeinheit zu einer erheblichen Herabsetzung der Lebensdauer führt, die früher bei Papier-Wickel-Kondensatoren nicht beobachtet wurde. Hierzu kommt noch, daß eventuell zu ergreifende Schutzmaßnahmen aus Gründen der Kosten leider nur in sehr beschränktem Umfange zur Anwendung gelangen und daß es nicht nur Laien, sondern auch Fachleute gibt, welche bei eingeschaltetem Empfänger die Endröhre herausziehen, ohne dabei zu bedenken, daß die Stromquelle dadurch ziemlich auf Leerlauf kommt. Die Reparaturanfälle, hervorgerufen durch defekte Elektrolyt-Kondensatoren, sind heute schon viel zu groß, um nicht als ein ernstes Warnungszeichen aufgefaßt werden zu müssen.

Wie immer in der überaus schnell vorwärtsdrängenden und schaffensfreudigen Funktechnik ist bereits dann immer eine Erfindung da, die die Konstrukteure mit einem Schlag über alle bisherigen Unebenheiten hinweghilft.

Die Firma Bosch hat während des Krieges einen neuartigen Kondensator unter der Bezeichnung M-P-Kondensator entwickelt, der aus einer einzigen Papierlage besteht, auf welche ein Metallbelag nach einem besonderen Verfahren „aufgedampft" wird, so daß sich hierdurch das Volumen gegenüber einem Papier-Wickel-Kondensator von vornherein auf etwa $^1/_4$ reduziert. Dies ist noch nicht der entscheidende Moment. Hauchdünne Isolierpapiere lassen sich in einer Großfabrikation niemals genau herstellen. Es entstehen daher beim Wickelvorgang gewöhnlicher Papier-Kondensatoren immer kleine Hohlräume, in denen sich während des normalen Betriebszustandes die Wärme staut, welche endlich zum Durchschlag führt, wenn die vorbereitenden Korosionserscheinungen genügend weit fortgeschritten sind.

Der M-P-Kondensator dagegen läßt sich absolut gleichmäßig und dabei auch sehr wirtschaftlich herstellen. Ein weiterer Vorteil ist seine Regenerierfähigkeit. Aehnlich wie bei der Oxydschicht des Elektrolyt-Kondensators brennt sich ein Kurzschluß von selbst wieder aus. Durch die entstehende Funkenbildung wird die Durchschlagstelle ausgebrannt und das verkohlte Papier bildet jetzt eine vorzügliche Isolation, nur die Kapazität ist vielleicht um 10% geringer geworden. Dieser Kondensator wird bereits in erheblichem Umfange überall dort eingesetzt, wo hohe Spitzenspannungen und sehr schwankende Spannungs-Belastungen vorkommen.

Ing. M. Z.

(Fortsetzung von Seite 320)

Elektronen

8, Eisen 26, Silber 47, Gold 79, Radium 88.

Was weiß man über das Elektron? Ein Elektron ist 1847mal so leicht wie ein Wasserstoff-Atom. Es wiegt 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 9 Gr. Der Halbmesser des Elektrons beträgt 0,000 000 000 000 018 9 mm. Atomkern zu Elektronen zu Atomradius verhalten sich wie 1 zu 1847 zu 5 320 000 000. Wir erkennen daran, daß die Dimensionen des Atomaufbaues im Hinblick auf die Kleinheit der Abmessung ähnlich wie die Größenverhältnisse der astronomischen Ordnung das menschliche Vorstellungsvermögen übersteigen. Wie wir wissen, umfliegen die Elektronen den Kern in Bahnen (Schalen). Die Radien dieser Schalen verhalten sich wie 1:4:9:16 usw., die Geschwindigkeiten der Elektronen entsprechend wie $1:{}^1/_2:{}^1/_3:{}^1/_4$ usw.

Ein Wasserstoffatom besteht aus dem Atomkern (Proton) und einem umfliegenden Teilchen, dem Elektron. Der Durchschnitt eines Wasserstoff-Atoms beträgt etwa 0,000 000 01 mm. Der Weg des Elektrons ist demnach etwa dreimal so groß: 0,000 000 03 Millimeter. Die Geschwindigkeit, mit der das Elektron den Kern umfliegt, beträgt 2200 km/sec, d. h. etwa die 10 000 fache Geschwindigkeit eines Rennwagens.

Nicht alle Elektronen sind negativ. Die positiven nennt man Positronen. Wegen deren großer Seltenheit gilt jedoch allgemein: Elektronen sind negativ.

Herberth Leisenheimer

● Nach mancherlei Schwierigkeiten ist die Durchführung der ersten deutschen Funkausstellung nach dem Kriege endgültig gesichert. Sie heißt „Funkschau 1948 Düsseldorf" und wird vom 23. Oktober bis 7. November in den Ausstellungshallen dieser Stadt durchgeführt werden. Nach Abschluß der Vorarbeiten durch die Gesellschaft für kulturelle Werbung (GeKaWe), Hannover, zeichnet nunmehr die Nordwestdeutsche Ausstellungs G. m. b. H. (Nowea), Düsseldorf, Ehrenhof 4, verantwortlich.

MAGNETRON — KLYSTRON — WANDERWELLENRÖHRE

(Fortsetzung von Seite 322)

Die Schwingungen dritter Art.

In der Magnetronröhre sei nun bereits ein Schwingungszustand vorhanden, und zwar strebt man an, daß zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Schlitzen entgegengesetzte Feldrichtung auftrete, also eine

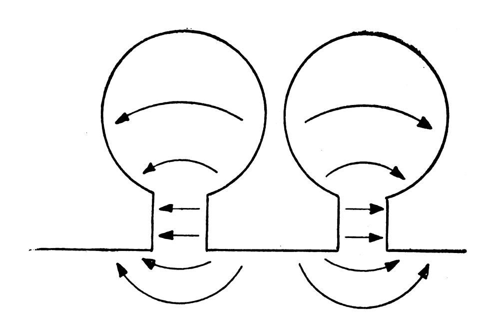


Abbildung 7: Feldverteilung aufeinanderfolgender Schlitze beim π-Modus

Phasenverschiebung von 180°, wie dies in Abbildung 7 für einige Segmente der Einfachheit in ebener Anordnung dargestellt ist. Man nennt einen solchen Schwingungsmodus den π-Modus. Dieses Wechselfeld überlagert sich also dem konstanten Gleichfeld und man erhält den in Abbildung 8 gezeichneten Kraftlinien- und Niveaulinienverlauf.

Ein Elektron E_1, das gerade in dem Augenblick in das Streufeld des Schlitzes eintritt, als das Feld seiner Bewegung entgegenwirkt, gibt ihm Energie ab, bringt also einen Beitrag zur Aufrechterhaltung dieser Schwingungen. Es wird daher dadurch abgebremst. Gleichzeitig folgt es aber der nach außen gebogenen Niveaulinie und nähert sich somit etwas der Anode. Dadurch gewinnt

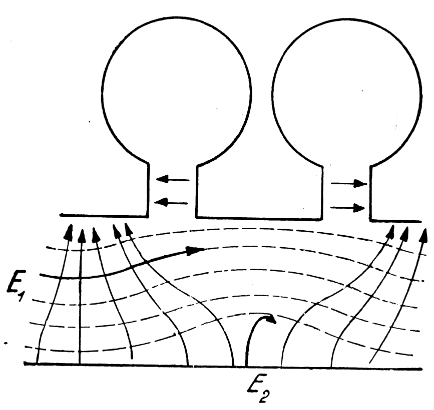


Abbildung 8: Resultierendes Feld aus Gleich- und Wechselspannung. Kraftlinien gewöhnlich, Niveaulinien gestrichelt, Elektrobahnen dick ausgezogen. E_1 richtigphasig, E_2 falschphasig

es aber wieder an kinetischer Energie, so daß nötigenfalls auch bei Eintreten in den nächsten Schlitz wieder gebremst werden kann. Dies wird der Fall sein, wenn die Laufzeit des Elektrons so groß ist, daß es gerade um eine halbe Periode später in das Streufeld des nächsten Schlitzes eintritt. Ein solches Elektron kann mehrmals abgebremst werden und mehreren Schlitzkreisen Energie zuführen. Von der Kathode ausgehend bewegt es sich also dann etwa in der in Abbildung 9 gezeigten Weise in Richtung zur Anode. Man nennt ein solches Elektron ein richtigphasiges. Voraussetzung zur fortlaufenden Energieabgabe ist Synchronismus zwischen der Laufzeit dieses Elektrons E_1 und dem Fortschreiten des Schwingungszustandes im Magnetron. Die Laufzeit ist somit für die sich erregende Schwingungsfrequenz maßgebend, weshalb diese Schwingungen auch Laufzeitschwingungen genannt wurden.

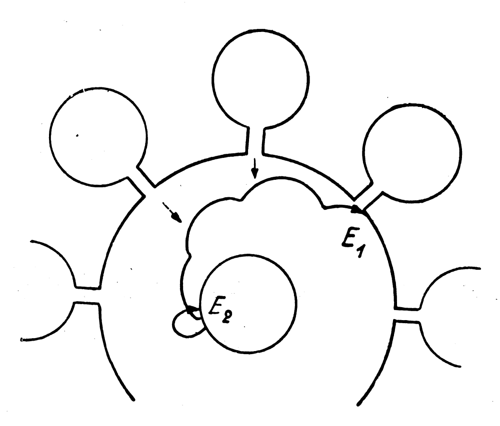


Abbildung 9: Elektronenbahn eines richtigphasigen (E_1) und eines falschphasigen (E_2) Elektrons. Die Pfeile zeigen die Stellen der Energieabgabe

Beseitigung der falschphasigen Elektronen.

Neben diesen richtigphasigen Elektronen treten jedoch wegen der völligen Unregelmäßigkeit der Elektronenemission auch mindestens ebensoviele falschphasige auf und eine Schwingungserzeugung könnte nicht zustandekommen, wenn in der Röhre nicht gleichzeitig Vorkehrungen getroffen wären, die Wirkung dieser falschphasigen Elektronen zu vernichten. Wir betrachten nun ein falschphasiges Elektron, das ist also ein Elektron, das die Kathode zu einem solchen Zeitpunkt verläßt, daß es durch das Schlitzfeld beschleunigt wird. Es sei dies das Elektron E_2. Es gelangt in ein elektrisches Feld, dessen Niveaulinien der Kathode zugekehrt sind. Es wird daher alsbald, meist noch im Laufe der ersten Schwingungshalbperiode, wieder zur Kathode zurückgeführt (siehe Abbildung 8). Die falschphasigen Elektronen sind also während einer wesentlich kürzeren Zeit im Feld als die richtigphasigen, die letzteren überwiegen daher bei weitem. Außer den richtig- und falschphasigen Elektronen gibt es noch Elektronen mit dazwischen befindlichen Phasenlagen. Es läßt sich zeigen, daß solche Elektronen so verzögert oder beschleunigt werden, daß sie die richtige Phasenlage erhalten, es kommt eine sogenannte „Phasenfokusierung" zustande.

Dichtemodulation des Elektronenstromes.

Als Gesamtbild erhält man also durch die Trennung falsch- und richtigphasiger Elektronen eine längs des Leitkreises umlaufende Elektronenwolke, die gerade immer im Augenblick des Gegenfeldes größte und im Augenblick des gleichgerichteten Feldes geringste Dichte aufweist. Man erhält also einen dichtemodulierten, umlaufenden Elektronenstrom. Die Energie hiezu wird aber aus der zugeführten Gleichstromleistung gewonnen. Damit ist in der Erklärung der Wirkungsweise der Magnetfeldröhre eine gewisse Analogie zu der der geschwindigkeitsgesteuerten Laufzeitröhre, dem sogenannten Klyston, gegeben, die sich auf die Erforschung beider Schwingungserzeugertypen fruchtbar ausgewirkt hat.

Die Aufstellung dieser Theorien, so einfach sie sich darlegen lassen, war die Arbeit vieler Forscher. Als erster hat Posthumus eine Laufzeittheorie des Magnetrons aufgestellt.[6]) Wertvolle Beiträge zur Erforschung der Elektronenbahnen sind von zahlreichen anderen Forschern gegeben worden.[7]) Auch waren viele Versuche notwendig, bis der heutige Stand der technischen Ausführung erreicht werden konnte.[8])

Die Leistung moderner Magnetronröhren.

Heute sind Magnetronröhren für kleine und große Leistungen, für kurze und lange Wellen für Dauer- und Impulsbetrieb, kurz für alle Verwendungsmöglichkeiten im Gebrauch. Der Wirkungsgrad der meisten Röhren beträgt bis zu 75%. Die größten Leistungen, die bisher mit einer Röhre erreicht wurden, sind bei einer Welle von 10 cm 3kW Dauerleistung und 3000 kW Impulsleistung, bei 3 cm etwa 300 Watt Dauerleistung und 300 kW Impulsleistung und bei 1 cm 100 Watt Dauerleistung und 100 kW Impulsleistung. Die Anoden-

---

[6]) **K. Posthumus:** Wireless Engr. **12,** 126 (1935).

[7]) **F. Herriger** u. **F. Hülster:** Hochfrequenzt. **49,** 123 (1937).

[8]) **N. F. Alexeiev** u. **D. D. Malairov:** Jour. Tech. Phys. (USSR) **10,** 1927 (1940). — **A. L. Samuel:** USA. Pqt. 2063.342 (1936).

spannungen betragen dabei 50 kW und mehr. Die Anoden sind wassergekühlt.[9])

Als Impulsleistung wird eine Leistung bezeichnet, die bei der sehr kurzen Dauer von etwa 1 Mikrosekunde mit einer Tastpause von etwa 1000 Mikrosekunden im ständigen Wechsel auftritt. Das sogenannte Tastverhältnis ist also 1 zu 1000, was somit der gleichen mittleren Leistung der Röhren für Dauer- wie Impulsbetrieb gleichkommt. Es ist jedoch erstaunlich, daß überhaupt so große Impulsleistungen auftreten können, da dazu außerordentlich große Anodenströme erforderlich sind. Bei einer angenommenen Anodenspannung von 50 kV wäre z. B. bei einer Impulsleistung von 3000 kW ein Emissionsstrom von mindestens 100 A notwendig. Hiefür würde bei Wolframröhren eine Heizleistung von etwa 100 kW und sogar bei Oxydröhren immer noch eine solche von 1 kW erforderlich sein. Die Heizleistung würde also mehr Leistungsverlust verursachen, als der Anodenverlust beträgt. Es hat sich aber gezeigt, daß bei Impulsen weit weniger an Heizleistung erforderlich war, als die Rechnung ergab. Es scheint so, daß die den Heizfaden umgebende Raumladewolke eine Art Elektronenspeicher darstellt, der während der kurzen Impulszeit den erhöhten Anforderungen standhält, aber in der Tastpause wieder von den Elektronen aufgefüllt wird, so daß auch Impulsröhren heute mit mäßigen Heizleistungen gebaut werden können.

Die Leistungsabgabe durch das Magnetron erfolgt, wie bereits erwähnt, mit Hilfe einer Auskoppelschleife und einer konzentrischen Rohrleitung. Die in einem Schlitzkreis auftretende magnetische Wechselfeldstärke induziert in der Koppelschleife eine Hochfrequenzspannung, die durch die konzentrische Rohrleitung der Antenne zugeführt wird (siehe Abbildung 4).

Abstimmung und Modulation.

Eine Frequenzabstimmung ist bei allen Mikrowellen Schwingungserzeugern nur in einem relativ sehr schmalen Frequenzgebiet möglich. Vor allem ist dazu die Aenderung der Resonanzfrequenz der Schlitzkreise notwendig. Dies wird durch zweierlei Maßnahmen erreicht. Eine Abstimmeinrichtung bewirkt das Einschieben von Bolzen aus Metall in die Schlitzräume, wodurch vor allem das Magnetfeld, also die Induktivität verkleinert wird. Eine andere Anordnung erhöht den kapazitiven Nebenschluß der Schlitze durch gleichzeitiges Nähern eines oder mehrerer Metallringe über alle Schlitze. In bescheidenen Grenzen ändert sich die Schwingungsfrequenz auch bei Veränderung der Anodenspannung. Dies wird auch zur Frequenzmodulation des Magnetrons benützt. Eine Amplitudenmodulation ist bei Mikrowellenmagnetrons nicht üblich und wäre auch nicht leicht durchführbar.

Obzwar die gesamte Mikrowellentechnik noch in voller Entwicklung begriffen ist und immer neue bedeutende Erfindungen auf diesem Gebiete gemacht werden, ist das Kurzwellenmagnetron aus der Funktechnik nicht mehr wegzudenken, denn es ist eines der wertvollsten Werkzeuge für die Weiterentwicklung dieses zukunftsreichen Forschungsfeldes geworden. (Eine weitere Arbeit über Klystron und Wanderwellenröhre folgt.)

● Seit einiger Zeit strahlt der Kurzwellensender des Nordwestdeutschen Rundfunks (Standort Elmshorn, nördlich von Hamburg) auf der neuen Frequenz von 7290 kHz (= 41,15 m) mit 12 oder 25 kW. Die bisherige Arbeitsfrequenz war 6115 kHz.

[9]) H. O. Hagstrum: Proc. I. R. E. 35, 548 (1947).

Zwölfter Teil

HEIMO HARDUNG-HARDUNG:

RUNDFUNKEMPFANG - eine Aufsatzfolge

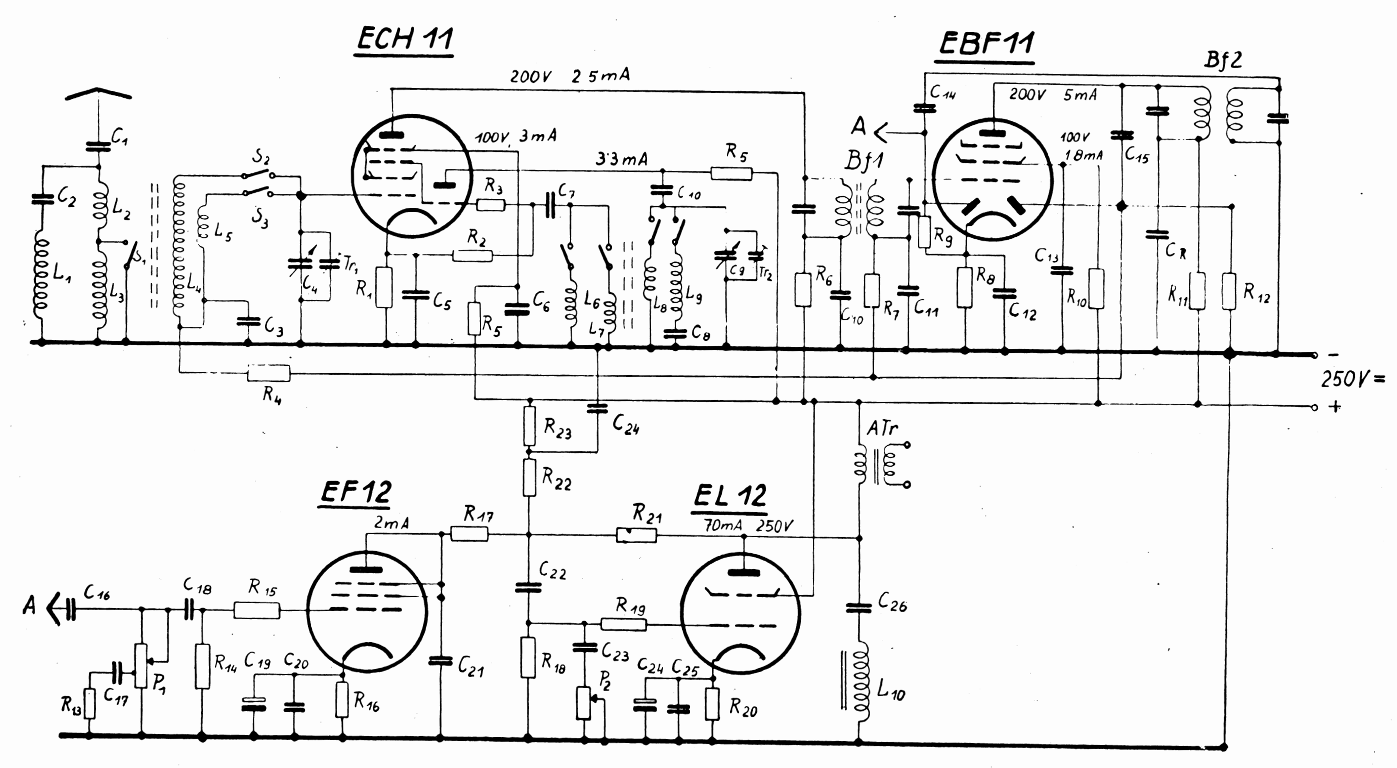
Nachdem nun die technologischen Schwierigkeiten des Superbaues in der letzten (eingeschobenen) Arbeit eingehend diskutiert wurden und auch die prinzipiellen theoretischen Voraussetzungen für den Bau eines solchen Gerätes bereits gegeben sind, soll nunmehr erstmalig an den Bau eines wirklich leistungsfähigen Vollsupers für Mittel- und Kurzwellen herangetreten werden. Aus der Vielzahl der möglichen Schaltungen wurde hiebei eine ausgewählt, die unter Verwendung der „harmonischen Serie" der Stahlröhren auch dem weniger geübten Bastler die Erzielung ausgezeichneter Leistungen ohne Kunstgriffe und besondere Schaltschwierigkeiten ermöglicht. Dennoch kann auf die letzthin veröffentlichten Ausführungen bezüglich Aufbau und Verdrahtung nicht eindringlich genug verwiesen werden.

Der Aufbau eines Rundfunkgerätes muß immer als ein Hasardspiel gewertet werden, wenn der Bastler nicht über j e d e n Bestandteil und seine Wirkungsweise in der vorgegebenen Schaltung genau Bescheid weiß. Aus diesem Grunde soll diesmal die Wirkungsweise aller Schaltteile nochmals erläutert werden, wobei sich natürlich gewisse Wiederholungen nicht vermeiden lassen. Gleichzeitig sollen dem Anfänger Hinweise gegeben werden, welche Werte genau einzuhalten sind und welche Werte nur größenordnungsmäßig zu stimmen brauchen. Darüber hinaus soll der Bastler erstmalig die Wirkungsweise des in vielen Einzeldarstellungen verstreuten Materiales in einer kompletten Superschaltung kennenlernen und sich so in der Vielfalt der verwendeten Schaltglieder zurechtfinden.

Die von der Antenne gelieferte Mischspannung aus den Frequenzen aller einfallenden Sender wird zunächst über einen Kondensator C_1 geführt, um eine mögliche galvanische Verbindung mit dem Chassis zu vermeiden. Dieser Kondensator soll nur für Hochfrequenz durchlässig sein, ist daher mit einigen hundert pF zu bemessen. Der aus dem Kondensator C_2 und der Spule L_1 gebildete Zweig stellt einen sogenannten Serienschwingkreis (Leitkreis) dar und ist (handelsübliche Ausführung) auf die Zwischenfrequenz von 468 kHz abgestimmt. Wie wir uns erinnern, besitzt ein Schwingkreis aus p a r a l l e l e r Spule und Kondensator für die Resonanzfrequenz den größten Widerstand, während alle anderen Frequenzen einen geringeren Wechselwiderstand vorfinden. Wie sich leicht einsehen läßt, tritt bei S e r i e n schaltung der entgegengesetzte Effekt ein, denn der Schwingkreis besitzt für die Resonanzfrequenz den geringsten Wechselwiderstand, aus welchem Grunde er (im Gegensatz zum „Sperr"kreis) als „Leit"kreis bezeichnet wird. Der genannte Leitkreis hat also die Aufgabe, Sender, die zufällig auf der Zwischenfrequenz arbeiten (Telegraphie), an der Antennenspule vorbeizuleiten, während andere Sender durch die Antennenspule gehen. Die Ankoppelung der Hochfrequenz an den ersten Kreis erfolgt über die Antennenspulen L_2 und L_3, von denen bei Kurzwellenempfang die eine mittels des Wellenschalterkontaktes S_1 kurzgeschlossen wird. Auf den Empfang von Langwellen wurde mit Absicht verzichtet, weil der zu treibende Aufwand in keinem Verhältnis zu der Zahl der auf diesem Bereich zu empfangenden Sender steht. Die induktiv übertragene Energie wird von dem aus L_4 bzw. L_5 und C_4 bestehenden Schwingkreis aufgenommen und der eingestellte Sender in bekannter Weise aus dem Gemisch angehoben. Die Spulen werden getrennt — je nach eingestelltem Bereich — an den Drehkondensator geschaltet. Das „kalte" Ende der Spulen ist nicht direkt mit Chassis verbunden, sondern über einen induktionsfreien Block von etwa 0,1 MF geerdet, um die Regelspannung, die über einen Beruhigungswiderstand R_4 und die Spule dem Gitter der ersten Röhre zugeführt wird, nicht kurzzuschließen. Der Kondensator C_3 muß zwar für Hochfrequenz einen einwandfreien Kurzschluß darstellen, soll aber andererseits doch nicht so groß sein, das die Regelung längere Zeit zu seiner Aufladung braucht, bevor eine merkliche Erhöhung der negativen Gitterspannung eintritt. Der angegebene Wert ist daher größenmäßig einzuhalten. Parallel zum ersten Segment des Drehkondensators C_4 liegt der Trimmer Tr_1, der den Ausgleich der verschiedenen Schaltkapazitäten und damit einwandfreien Gleichlauf ermöglichen soll. Die Gittervorspannung für die Mischröhre wird automatisch mittels des Kathodenwiderstandes R_1 erzeugt, dessen Wert für die jeweils verwendete Röhre im Katalog nachzulesen ist und der für die vorgeschlagene ECH 11 250 Ohm beträgt. Die hochfrequenzmäßige Erdung der Kathode wird durch den induktionsfreien Block C_5 besorgt, der mit einigen 10 000 pF zu bemessen ist. Die Hilfsfrequenz wird im Triodenteil der Röhre in einer üblichen Rückkopplungsschaltung erzeugt, wobei allerdings die Kreisspule im Gegensatz zu Empfangsschaltungen (mit Audion) in der Anodenleitung liegt. Um einwandfreie Schwingungen über den gesamten Bereich zu gewährleisten, wird der Gitterwiderstand mit nur 50 kOhm bemessen; das kalte Ende dieses Widerstandes ist unbedingt an Kathode (nicht an Minus!) zu legen, da nur dann eine einwandfreie, dem Audion entsprechende Schwingung zustandekommt. Direkt vor dem Gitter liegt ein Dämpfungswiderstand R_3 von einigen hundert Ohm, dessen Größe auszuprobieren ist. Er hat die Aufgabe, für eine gleichmäßige Schwingung zu sorgen (bei schwingendem Zustand fließt ja ein Gitterstrom, der durch den Widerstand in gewissem Maße reguliert wird). Bei sorgfältigem Aufbau kann man auf diesen Widerstand verzichten. Für C_7 findet ein keramischer Block der üblichen Größe (etwa 100 pF) Anwendung. Die Rückkopplungsspulen werden getrennt an das Gitter angeschaltet und müssen richtig gepolt sein (Schaltbild der Herstellerfirma). Die Anode des Dreipolsystems erhält die reduzierte Anodenspannung über einen Außenwiderstand R_5 von 30 000 Ohm und liefert die Hochfrequenz - Leistung über einen Kopplungsblock von etwa 1000 pF an den Kreis, der somit von der Anodenspannung völlig ge-

trennt arbeitet. Dieser Abstimmkreis enthält in Serie mit der Mittelwellenspule L_9 einen „Padding"kondensator C_8, dessen Größe vom Spulenfabrikanten angegeben wird und genau einzuhalten ist. Zum zweiten Segment des Drehkondensators C_9 liegt ebenfalls ein Trimmer Tr_2 parallel, der für die notweindige Abgleichmöglichkeit sorgt. Die von der Triode erzeugte ungedämpfte Schwingung wird vom Gitter innerhalb der Röhre auf das zweite Hexodengitter geleitet und bewirkt im Verein mit der Antennenspannung die Mischung der Frequenzen zur Erzielung einer konstanten Zwischenfrequenz. Um eine Abschirmung zwischen den beiden Systemen zu erreichen und damit die gegenseitige Beeinflussung auf ein Mindestmaß zu reduzieren, sind Schirmgitter angebracht, die über einen Vorwiderstand von 70 kOhm an Plus liegen und über einen Kondensator C_6 von etwa 0,1 (oder mehr) pF geerdet sind. Die durch die Mischung erreichte konstante für die Praxis reichen jedoch etwa 0,1 MF völlig aus. Die Kombination aus R_6 und C_{10} arbeitet also wie eine Siebkette im Netzteil, lediglich die Dimensionierung ist für Hochfrequenz bemessen. Durch vorsichtigen Aufbau läßt sich diese „Rückkopplungssperre" (denn sie verhindert Rückkopplungen, wie sie durch Verschleppung von Hochfrequenz in die Netzteile entstehen) einsparen und dies ist in amerikanischen Empfängern allgemein üblich. Die Vorsicht rät jedoch, hinter jeder Stufe eine derartige Rückkopplungssperre anzubringen und damit ein Höchstmaß an Betriebssicherheit und Stabilität zu erreichen. Die auf den zweiten Kreis des ersten Bandfilters induktiv übertragene Zwischenfrequenz wird direkt auf das Steuergitter der nachfolgenden Regelpentode geleitet, wobei abermals das kalte Ende über einem Ueberbrücker von 0,1 uF an Chassis liegt, damit über einen Widerstand R_7 (wie auch R_4 von der Größe 1 MOhm) die Regel- des zweiten Bandfilters zugeführt. Ein dem ersten Bandfilter völlig analoges Siebglied sperrt auch hier die Hochfrequenz gegen das Netz ab und versorgt die Anode mit der nötigen Plusspannung.

Der zweite Kreis des zweiten Bandfilters erhält seine Hochfrequenz-Energie auf induktivem Wege vom ersten Kreis und arbeitet auf die eine Diodenstrecke der Verbundröhre. Die Anode dieser einen Diodenstrecke wird über den Calitkondensator C_{14} von etwa 50 pF mit Hochfrequenz beschickt und wirkt als Gleichrichter in Parallelschaltung (die eine Halbwelle des Hochfrequenzstromes wird kurzgeschlossen). Für die nicht kurzgeschlossenen Halbwellen wirkt R_9 (0,2 MOhm) als Arbeitswiderstand, an dem sich die Niederfrequenz - Spannung ausbildet. Das kalte Ende dieses Arbeitswiderstandes darf jedoch nicht an Minus gelegt werden, sondern muß direkt mit Kathode verbunden werden, da die Röhre eine negative Gittervor-



Die Schaltung des Selbstbausupers. Die mit einem Pfeil und A bezeichneten Leitungen gehören zusammengeschaltet

Zwischenfrequenz wird von der Anode der Hexode direkt dem ersten Kreis des Bandfilters zugeleitet und daselbst die weitere Selektion der eingestellten Station vorgenommen. Um ein Eindringen von Hochfrequenz in die Netzleitung zu unterbinden, wird die Zwischenfrequenz an einen Widerstand R_6 geführt (größenordnungsmäßig 10 kOhm) und der sich dort ausbildende HF-Spannungsabfall mittels des Ueberbrückungsblockes C_{10} nach Minus kurzgeschlossen. Dieser Block soll möglichst groß sein, spannung zugeführt werden kann. Die Kathode ist auch hier um den notwendigen Betrag durch einen Vorwiderstand R_8 (für EBF 11 300 Ohm, für allfällige andere Röhren Listenwerte) angehoben und über einen induktionsfreien Block von 0,1 MF geerdet. Das Schirmgitter der Röhre erhält seine Plusspannung mit denselben Daten wie das der vorangehenden Mischröhre. Die am Gitter der Röhre liegende Zwischenfrequenz wird zunächst in üblicher Weise verstärkt und direkt dem ersten Kreis spannung besitzt, die eine Wiedergabeverzerrung zur Folge hätte. Das kalte Ende des zweiten Bandfilterkreises kann jedoch getrost an Minus gelegt werden, da der Kathodenblock C_{12} für Hochfrequenz einen hinreichend geringen Widerstand aufweist. Zwischen Chassis und dem heißen Ende des Arbeitswiderstandes R_9 entsteht entsprechend dem Vorgesagten die demodulierte Hochfrequenz, die dann der weiteren Verarbeitung durch den Niederfrequenzkanal zugeführt werden

kann. Zur Gewinnung der Schwundregelspannung wird bereits von der Anode der Pentode, d. h. dem heißen Ende des ersten Kreises des zweiten Bandfilters, über einen Kondensator C_{15} von etwa 30 pF ein Teil der Hochfrequenz-Energie abgezapft und an der zweiten Diodenstrecke der Verbundröhre gleichgerichtet. Diesmal liegt jedoch der Arbeitswiderstand R_{12} (2 MOhm) mit seinem kalten Ende an Minus und nicht an Kathode, es handelt sich um eine sogenannte „verzögerte Regelung". Dies ist folgendermaßen zu verstehen: Nehmen wir einmal an, der Arbeitswiderstand läge an Minus wie bei der Niederfrequenzdiode, dann würde jede ankommende Senderfrequenz, und sei sie noch so schwach, gleichgerichtet werden und den Gittern der geregelten Röhren als Regelspannung zufließen. Das heißt aber mit anderen Worten, daß bereits der schwächste einfallende Sender eine Herabsetzung der Verstärkung verursacht, d. h. der Apparat nie mit voller Leistungsfähigkeit arbeitet. Diesen Effekt kann man verhindern, wenn man der Anode der Regeldiode eine negative Vorspannung erteilt, so daß erst bei überwiegender Senderspannung eine Regelspannung zustandekommt (vorher kann ja wegen der rücktreibenden Kraft der negativen Anode gar kein Anodenstrom zustandekommen). Nun liegt aber die Kathode ohnehin an positivem Potential gegenüber dem Chassis, so daß ein Anschluß des Arbeitswiderstandes an Chassis bei geeigneter Kathodenanhebung gerade die richtige Lösung ist. Die Regelung setzt erst dann ein, wenn die Spannung des empfangenen Senders eine gewisse Höhe erreicht hat, während bei schwachen Sendern der Empfänger voll verstärkt arbeitet.

Die an der Diode gewonnene demodulierte Hochfrequenz wird über einen Kopplungskondensator C_{16} von 10 000 pF einem gehörrichtigen Lautstärkeregler zugeleitet, der aus einem Potentiometer P_1 von 0,5 MOhm (mit Anzapfung) und einem Hochpaß aus R_{13} und C_{17} besteht. Die Werte für diesen Hochpaß sind versuchsweise festzustellen; als Richtwerte mögen dienen: R etwa 10 kOhm und C etwa 20 000 pF. Dieser Hochpaß hat bekanntlich die Aufgabe, beim Leisedrehen des Lautstärkereglers die hohen Töne bevorzugt abzuschwächen und damit eine Anhebung der tiefen Frequenzen zu bewirken. Damit wird erreicht, daß die Klangwiedergabe bei allen Lautstärken die gleiche bleibt und nicht den physiologisch begründeten charakteristischen Verlust an tiefen Frequenzen beim Leiserdrehen aufweist. Ueber einen weiteren Kopplungsblock von etwa 20 000 pF (C_{18}) wird die Niederfrequenz dem Gitter einer als Triode geschalteten EF 12 zugeleitet, in deren direkter Zuleitung noch ein Dämpfungswiderstand R_{15} von etwa 1000 Ohm zur Siebung der Hochfrequenz liegt. Die Kathode ist durch einen Widerstand R_{16} von 1000 Ohm positiv angehoben, ein niedervoltiger Elektrolytkondensator von 8 MF besorgt den niederfrequenten Kurzschluß mit Chassis (C_{24}), während ein üblicher Rollblock mit seinen für höhere Frequenzen besseren Eigenschaften sicherheitshalber parallelgeschaltet ist (C_{20} zu 0,1 MF). Das Gitter ist über den üblichen Ableitwiderstand R_{14} von 1,5 MOhm geerdet. In der Anodenleitung findet sich zunächst ein Siebglied für etwaige restliche Hochfrequenz, bestehend aus R_{17} (2 kOhm) und C_{21} (200 pF). Als Außenwiderstand fungiert der übliche 0,2-MOhm-Stab R_{22}, dem sich eine den vorangehenden völlig gleiche Rückkopplungssperre R_{23} C_{24} anschließt. Die mittels Kopplungsblocks C_{22} (0,05 MF) an die Endröhre gelieferte Niederfrequenz wird dort an den Widerstand R_{18} verarbeitet und über einen direkt in die Gitterkappe eingebauten Dämpfungswiderstand R_{19} (1 kOhm) an das Steuergitter gelegt. Der Kondensator C_{23} (20 000 pF) fungiert in Verbindung mit dem Potentiometer P_2 (1 MOhm) als Tonblende und läßt je nach dessen Stellung mehr oder weniger hohe Frequenzen passieren. Die Kathode ist durch 90 Ohm positiv angehoben und mit C_{24} (Niedervoltelko 50 MF / 15 Volt) und C_{25} (Rollblock 0,5 MF) verblockt. Die Anode läuft in üblicher Weise direkt an den Ausgangstransformator, der den hohen Außenwiderstand der Röhre auf die niedrigen Werte der Schwingspule übersetzt. Parallel zur Endröhre kann noch ein auf 9 kHz abgestimmter Leitkreis (C_{26} L_{10}) gelegt werden (handelsübliche Type), der die Interferenzpfiffe der benachbarten Sender ausschalten soll. Im gegenwärtigen Tohuwabohu der Senderfrequenzen ist seine Anwendung jedoch ziemlich problematisch.

Der Widerstand R_{21} soll eine Verminderung der in der Röhre entstehenden Verzerrungen bewirken und ist mit etwa 2 MOhm zu bemessen. Da er von Anode zu Anode liegt, bewirkt er eine negative Rückkopplung (je zwei aufeinanderfolgende Stufen sind um 180° phasenverschoben) oder, mit anderen Worten, Gegenkopplung. Seine Anwendung geht zwar mit einer Abschwächung der Lautstärke, zugleich aber mit verbesserter Klangqualität Hand in Hand. Die genauere Beschreibung seiner Funktion soll demnächst erfolgen.

(Fortsetzung von Seite 314)

ENERGIEÜBERTRAGUNG

mit hochgespanntem Gleichstrom

schlossenen Drehstrom-Netze wie eine 12-Phasen-Schaltung. Die Zu- und Abschaltung erfolgt bei AEG und SSW auf der Drehstromseite. Auf der Gleichstromseite selbst sind zunächst keine Schalter vorgesehen und solche sind, solange es sich nur um die Energieübertragung zwischen zwei Stationen handelt, auch nicht nötig.

Der Schutz der ganzen Uebertragungseinrichtung gegen Kurzschlüsse auf Kabelleitungen oder gegen Rückzündungen in den Stromrichtern ist auf deren Löschung durch die Steuergitter der Stromrichter aufgebaut. Nur wenn diese versagt, also ausnahmsweise, nehmen die wechselstromseitigen Leistungsschalter die endgültige Ausschaltung vor. Hier sei eingeschaltet, daß bei der Vergebung von Lieferungen für die Anlage Elbe—Berlin Hochspannungs-Gleichstromschalter auch noch nicht vorhanden waren; sie befanden sich kaum im Vorstadium der Entwicklung.

Die Gleichstrom-Uebertragung ist an sich nicht in der Lage, den Synchronismus zwischen den durch sie miteinander verbundenen Drehstromnetzen, also dem der Elektrowerke und dem der BEWAG, aufrecht zu erhalten, sie arbeitet vielmehr elastisch. Das ist u. U. eine für die Kupplung großer Drehstromnetze angenehme Eigenschaft; es können auch Netze verschiedener Frequenz miteinander gekuppelt werden.

Bei den Betriebsverhältnissen, unter denen die Anlage Elbe—Berlin zu arbeiten hat, ist es für den Fall, daß die Kupplung zwischen dem Elektrowerk- und dem BEWAG-Netz über die vorhandenen Drehstrom-Freileitungen unterbrochen ist, erforderlich, Adern des gleichzeitig mit den Hochspannungskabeln verlegten Schwachstromkabels zur Impulsgabe für die Synchronisierung der beiden Stromrichterwerke zu verwenden.

Der Bau der Stromrichterwerke.

Bei der Errichtung der beiden Stromrichterwerke beim Kraftwerk Elbe und in Berlin-Marienfelde ergaben sich schon bei Inangriffnahme der Bauausführung dem Projektplan gegenüber unüberwindliche Schwierigkeiten. So mußte z. B. auf die getrennten Gebäude für die Aufnahme der AEG- und der SSW-Stromrichteranlage verzichtet werden. Die Abmessungen vorhandener Dachkonstruktionen großer Flugzeughallen bestimmten den Grundriß eines für beide Lieferungen gemeinsamen Stromrichtergebäudes von rund 70 m Länge, 35 m Breite und 11,5 m Höhe, so daß auf die ursprünglich geplante Aufstellung der Stromrichteranlagen von AEG und SSW verzichtet werden mußte.

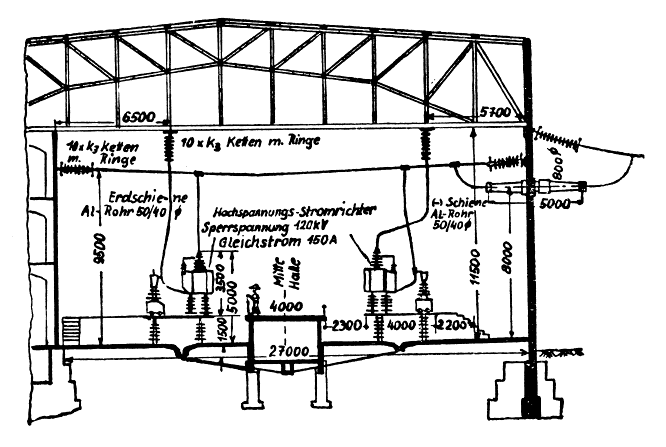


Abbildung 7: Querschnitt der Halle

Abb. 6 zeigt einen Ausschnitt aus dem allgemeinen Schaltungsschema der Anlage Elbe—Berlin. Bei dieser den Elektrowerken im Mai 1941 von der AEG für den von ihr zu liefernden Teil der Anlage Elbe—Berlin in Vorschlag gebrachten Schaltung handelt es sich im ersten Ausbau um die untere Stromrichtergruppe, Schaltung Stern-Stern, Spannung 220 kV gegen Erde, 150 A, also 30 MW. Die Gruppe besteht aus zwei Stromrichterblöcken, von denen jeder aus neun einanodigen Stromrichtereinheiten gebildet wird. Die für den Fernleitungsbetrieb erforderliche und geforderte Sicherheit gegen Rückzündungen wird dadurch erreicht, daß die AEG je Phase mit drei Gefäßen in Reihe arbeitet. Bei drei Gefäßen in Reihe ist bei den Betriebsverhältnissen der Anlage Elbe—Berlin immer ein Gefäß in Reserve. Eine in einem Gefäß eintretende Rückzündung bedeutet daher keine Unterbrechung des Energiestromes, sondern wirkt wie eine Ueberbrückung des Gefäßes auf die Dauer einer oder weniger Perioden, also für Bruchteile einer Sekunde.

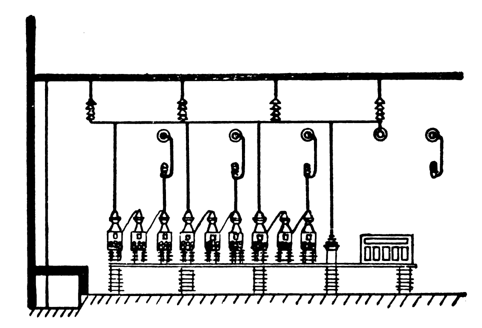


Abbildung 8: Stromrichter-Einheiten im Längsschnitt

Verwendet werden Einphasentransformatoren in Schaltung Stern-Stern von 12 MVA Leistung (je drei Einheiten bilden einen Drehstromsatz).

Abb. 7 gibt einen Aufriß der Halle. In der Halle befindet sich rechts und links von einem erhöhten Mittelgang je eine für 100 kV isolierte lange Plattform, auf denen die neun Stromrichtereinheiten jedes Blockes auf ihren wiederum für 100 kV isolierten Fahrgestellen stehen. Jeder Stromrichtereinheit ist ein Hilfstransformator für die Zuführung der Hilfs- und Steuerspannungen zugeordnet. Die Zu- und Abführung des Kühlmittels für die Kathoden erfolgt durch Rohre aus Isoliermaterial, die zwischen den Plattform-Isolatoren verlaufen. Die Leitungsführung ist ersichtlich, die Drehstromzuleitungen sind quer zur Halle gespannt; die Gleichstromsammelschienen an dem Untergurt der hölzernen, von Flugzeughallen übernommenen Dächer aufgehängt. In einem Nebenraum der Halle (links) sind Kühlmittelpumpen mit Rückkühlanlagen eingebaut; Kühlmittel Clophen. Außerhalb der Halle stehen in Kammern die zugehörigen drei Einphasentransformatoren, Leistung 12 MVA (Spannung 110/170 kV).

In Abb. 8 ist im Längsschnitt nochmals die Aufstellung der Stromrichter-Einheiten und des Steuerschrankes auf dem Isolierpodest und die Anordnung der drei Wechselstrom- und der beiden Gleichstromdurchführungen zu sehen.

Die kriegsbedingte Verwendung hölzerner Dachkonstruktionen für die

Hallen hatte zur Folge, daß im August 1943 die im Rohbau nahezu fertiggestellte Stromrichterhalle Marienfelde bei einem Bombenangriff restlos ausbrannte. Die als Ersatz des abgebrannten Flugzeughallendaches beschaffte Eisenkonstruktion wurde bis Mitte 1944 angeliefert, sie konnte aber nicht mehr aufgebracht werden, da die Aufnahmestation Marienfelde in einer durch Luftangriffe besonders gefährdeten Zone Berlins lag. Dazu kam, daß in Berlin selbst weitere Leistungen außer denjenigen, die durch die noch vorhandenen Elektrowerke übertragen werden konnten, in absehbarer Zeit nicht benötigt wurden. Im September 1944 wurden daher die Arbeiten für das Stromrichterwerk Marienfelde eingestellt. Die in gleicher Weise ausgeführte Halle des Stromrichterwerkes Elbe wurde nicht das Ziel von Luftangriffen. Die Arbeiten an der Gleichstr.-Hochspannungs-Uebertragungs-Anlage Elbe — Berlin beschränkten sich daher auf die Fertigstellung des Stromrichterwerkes Elbe und die Verlegung der Hochspannungskabel. Bei den häufigen Fliegerangriffen auf Siemensstadt wurde leider auch das Röhrenwerk der SSW, in denen die Stromrichter für die Anlage Elbe—Berlin im Bau waren, schwer getroffen. Der fertige 25-MW-Stromrichterblock, dessen Montage vereinbarungsgemäß nach derjenigen der AEG-Stromrichteranlage zu erfolgen hatte, wurde auf dem Versuchsstand völlig zerstört. Die zugehörigen drei Einphasentrafos blieben im Stromrichterwerk Elbe unbeschädigt. Bei der vorstehend geschilderten, durch die Luftangriffe auf Berlin geschaffenen Lage blieb nichts weiter übrig, als das Stromrichterwerk Elbe unter Verwendung der von der AEG durchführbaren Lieferungen weitmöglichst auszubauen. Damit Versuche durchgeführt werden konnten, war beabsichtigt, die beiden Hochspannungskabel am Berliner Ende miteinander zu verbinden und die AEG-Stromrichteranlage in zwei 100-kV-Hälften aufzuteilen. Auf diese Weise wurde es möglich, einen Stromumlaufbetrieb über die Kabel mit 100 kV Gleichspannung durchzuführen, wobei die eine Hälfte der AEG-Anlage als Gleichrichter, die andere als Wechselrichter zu betreiben war.

Trotz großer Schwierigkeiten machte der Bau des Stromrichterwerkes Elbe in dem vorgeschriebenen Umfange und die Verlegung der Kabel befriedigende Fortschritte.

Am 14. Januar 1945 waren die für die AEG erforderlichen drei Einphasen-Umspanner von je 12 000 kVA Leistung einschließlich des 110-kV-Anschlusses an das Kraftwerk Elbe mit Leistungsschaltern und Wandlern unter Spannung gesetzt worden und die angestellten Kurzschluß- und Erdschluß-Versuche hatten den Beweis erbracht, daß diese Teile der Anlage in Ordnung waren. Auch die Stromrichteranlage der AEG war praktisch fertiggestellt, nachdem es im letzten Augenblick gelungen war, das zur Kühlung der Stromrichtergefäße notwendige Clophen heranzuschaffen. Die für den Betrieb erforderlichen Durchführungen für 220 Kilovolt Gleichstrom waren eingesetzt. Die Kabel waren verlegt und die beiden Endverschlüsse im Stromrichterwerk Elbe von Felten-Guilleaume montiert. Vom Tage der Besetzung des Werkes an gerechnet, hätten wahrscheinlich ein bis zwei Wochen genügt, um mit der Ingangsetzung der gesamten Anlage zu beginnen.

Das Interesse der sowjetischen technischen Dienststelle für die Anlage war, wie erwartet, sehr groß. Bei der Besichtigung der Anlage durch russische Sachverständige berichteten diese ihr Augenmerk besonders auf die Regelung, die Blindstrombeschaffung und Steuerung, also die Probleme, die auch bei uns in den letzten Monaten sehr stark in den Vordergrund getreten sind.

Die Bitte, die Anlage wenigstens versuchsweise einschalten und einen kurzen Probebetrieb führen zu dürfen, fand kein Gehör; die gesamte Anlage wurde restlos abgebaut und nach dem Osten abtransportiert.

Gleichstrom-Hochspannungs-Uebertragungen in Amerika und Rußland.

Die Auffassung, daß für die Uebertragung sehr großer Leistungen auf sehr große Entfernungen nur der hochgespannte Gleichstrom eine Zukunft hat, wird von einer immer größer werdenden Zahl von Sachverständigen vertreten. Besonders war und ist dies in den Ländern der Fall, die — wie z. B. USA und UdSSR — schon heute große einheitliche Wirtschaftsgebiete bilden, in denen wichtige Erzeugungs- und Verbrauchszentren weit auseinanderliegen. Was die USA anbelangt, so wurde den Teilnehmern an der 3. Weltkraft-Konferenz im Jahre 1936 schon eine Versuchsanlage der General Electric vorgeführt.

Diese Versuchsanlage übertrug von der Unterstation Mechanicsville nach Schenectady, wo sich die Hauptwerke der General Electric befinden, eine Leistung von 5250 kW, als Drehstrom mit rund 10 kV und 40 Hz erzeugt, dann mit Leistungs-Thyratronen — d. s. Stromrichter, die auch zu der Gruppe der Ionenumformer gehören — für die Uebertragung auf $2 \times 15\ kV = 30\ kV$ Gleichstrom umgeformt. In der 27 km entfernten Empfangsstation fand die Rückwandlung des Gleichstromes in Drehstrom von rund 14 kV und 60 Hz statt. Weiter findet sich ein interessanter Hinweis auf den Beginn der Arbeiten an einer Hochspannungs-Gleichstr.-Versuchsanlage zwischen den Wasserkraftwerken Bonneville und Boulder Dam.

In der Akademie der Wissenschaften der UdSSR hat A. Tschernischew Anfang 1940 einen Vortrag gehalten, in dem er die besondere Bedeutung nachwies, welche die Technik der Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom für das geschlossene Wirtschaftsgebiet der UdSSR hat. Aus ihm geht hervor, daß sich die russischen Ingenieure vor die Aufgabe gestellt sahen, die 600 MW betragende Leistung der Kuibischew-Wasserkräfte, deren Schwerpunkt bei Samara liegt, auf eine Entfernung von 900 km nach Moskau zu übertragen und eingehende Studien zur Lösung dieser Aufgabe durchgeführt haben.

Das Ergebnis der Studien ist die Feststellung, daß besondere Schwierigkeiten bei der Uebertragung der Energie mit hochgespanntem Wechselstrom auftreten. Selbst bei Erhöhung der Spannung auf 360 und 400 kV sind die Verluste so hoch, daß die übertragene Energie am Verbrauchsort wesentlich teurer ist als die dort unmittelbar erzeugte. Denn die zusätzlichen Einrichtungen, die notwendig sind, um ein zuverlässiges Arbeiten der durch die Leitung verbundenen Kraftwerke zu sichern, verlangen sehr hohe Kosten und komplizieren den Betrieb außerordentlich. Die durchgeführten Untersuchungen für eine Uebertragung mit hochgespanntem Gleichstrom ergaben, daß bei einer derartigen Uebertragung der Kuibischew-Leistung nur 38 % der Kapitalsausgaben bei Drehstromübertragung und 50 % der jährlichen Uebertragungsausgaben erforderlich werden würden. Dementsprechend wurde bei der Regierung der UdSSR der Antrag auf Bewilligung von 24 Millionen Rubel für die Durchführung eines Großversuches gestellt mit dem Ziele, in den Jahren 1939 bis 1946 eine Versuchsstation für Hochspannungs-Gleichstrom Uebertragung mit einer Spannung von 600 kV zu bauen und eingehend zu prüfen. Diese Spannung würde für die Kuibischew-Uebertragung ausreichen und es auch ermöglichen, die Energie aus einer Reihe in Westsibirien gelegenen Wasserkraftanlagen nach dem Ural zu übertragen, u. a. auch aus dem Nord- und Hinter-Kaukasus eine Jahresdurchschnittsleistung von rund 27 000 MW zuzuführen.

● Deutschland schaltet sich wieder in die Fernseh-Entwicklung ein! Der Verwaltungsrat des NWDR (Nordwestdeutscher Rundfunk, Hamburg) hat den Bau eines Fernseh-Versuchssenders beschlossen. Was sagen die Besatzungsmächte dazu? Die Beschäftigung mit dem Fernsehen ist Deutschland bisher noch immer formell verboten.

● Von der VSE Construction Company, London, wurde ein neues, mit Rimlockröhren bestücktes Gerät auf den Markt gebracht, das durch seine neuartige Form Beachtung findet. Der Empfänger schaut von außen wie ein Lautsprechergehäuse aus, über dessen Schallöffnung drei horizontale Glasstreifen, die Skala für jeden der drei Wellenbereiche getrennt, gezogen sind. An der rechten Seite sind senkrecht die vier Bedienungsknöpfe angeordnet. Im Inneren des Empfängers, eines normalen Sechskreis-Supers, ist eine der Rimlockröhren hängend und drei andere waagrecht untergebracht. Die restlichen Röhren sind in der normalen Art montiert.

● Offiziell, d. h. unter öffentlicher Bekanntgabe des Programms, arbeitet in Europa erst eine einzige frequenzmodulierte Rundfunkstation, und zwar in Brüssel. Versuche werden allerdings in den verschiedensten Ländern unternommen.

● Der Schweizerische Rundfunk hat anfangs September sechs neue Reportagewagen der General Motors erhalten, die im Laufe des Herbstes in Dienst genommen werden (SRZ).

● Brown Boveri brachte drei neue Sendetrioden, T 50/1, T 100/1 und T 150/1, auf den Markt, die bei einer Wellenlänge von 6 m eine Ausgangsleistung von 180, 290 bzw. 500 Watt abgeben.

Herausgeber, Eigentümer und für den Inhalt verantwortlich: Ing. H. Kirnbauer, Urfahr, Reindlstraße 10, Redaktion Linz, Landstraße 9, Tel. 21450, 38166, Verleger, Generalvertrieb für das In- und Ausland und Expedit: Hausruckverlag Gustaf Adolf J. Neumann, Linz, Landstraße 9. Wiener Redaktion: Ing. H. G. Oberparleiter, Tel. B 21-0-92. Genehmigt durch Permit der Militärregierung vom 15. 8. 1946 — 503/48/9 — Druck: Buch- und Kunstdruckerei Joh. Haas, Wels, Stadtplatz 34 — 3884

Oesterreichische Rundfunkempfänger 1948—49

Firma	Type — Name	Schaltung	Kreise gesamt	Kreise veränd.	Bestückung	Bereiche	Stromart	Spannungen	ZF	Gehäuse	Preis S	Bemerkung
NOWAK	Nowaphon-Mignon	Superselektion	1	1	UCH 4, UY 1 (N)	MW	GW	120, 220	—	Holz	398,—	
	Nowaphon-Nowadyn	Superselektion	1	1								
	Nowaphon-Superdyn	Superselektion	1	1		MW, KW						
PHILIPS	Sonate	Großsuper	6	2	ECH 4, ECH 4, EBL 1, AZ 1, UM 4	12,5—20,2 16,6—26,4 21—32,2 32—50 187—590 740—1980	GW	110, 125, 150, 220, 240	468	Holz	2250,—	Spiegelfrequenzsperre Empfindlichkeit: KW 14 μV, MW 10 μV LW 13 μV
	Capriccio	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N), UM 4	KW, MW, LW	GW	110, 150, 220	468	Holz	1490,—	Spiegelfrequenzsperre (mit Zierleiste S 1520,—)
	Romanze	Kleinsuper	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	KW, MW, LW	GW	110, 220	452	Holz	990,—	
RADIONE	449 U	Super	5	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	KW, MW	GW	105—240	468½	Holz	1200,—	
	549 W	Super	7	3	ECH 4, EBF 11, EFM 11, EL 11, AZ 11	KW, MW, LW	W	105—240	128	Holz	1750,—	
	549 U				UCH 4, EBF 11, EFM 11, CL 4, CY 1, 1220		GW					
	649 W	Großsuper	7	3	EF 11, ECH 11, EF 11, EB 11, EFM 11, EL 11, AZ 11	KW, MW, LW	W	105—240	128	Holz	2150,—	
	R 2	Super	7	3	EF 13, ECH 11, EF 12, EBC 11, EDD 11, EL 11	KW, MW, LW	W u. 6 od. 12 V Batterie, Akku	110, 125, 150, 220	468	Stahlkassette	2240,—	Heim- u. Autoempfänger
SIEMENS	448 U	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N), UM 4	KW, MW, LW	GW	110—220	468	Holz	1180,—	
	469 U-Grazioso bzw. 469 UP	Kleinsuper	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	KW, MW, LW	GW	110—220	468	Holzkassette *)	975,—	*) Preis in Bakelit noch nicht vorliegend
STANDARD-HEKAPHON (C. S. N.)	201	Kleinsuper	4	2	UCH 4, UCH 4, UY 1 (N)	190—600 16—50	GW	110, 220	452	Holz	920,—	4-Kreisempf.
	301	Super	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	710—2000 150—590 15—51	GW	110, 220	452	Holz	1285,—	
ZEHETNER	Phonetta K 49	Kleinsuper	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	KW, MW	GW	110, 220	468	Holz	890,—	Gegenkoppl. m. Baßbet.
	Puccini (Boccaccio)	Großsuper	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N)	KW, MW	GW	110, 220	468	Holz	1260,—	
	Brillant U 49	Großsuper	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N), UM 4	KW, MW	GW	110, 220	468	Holz	1380,—	
	Luxus-Brillant	Großsuper	6	2	UCH 4, UCH 4, UBL 1, UY 1 (N), UM 4	KW, MW	GW	110, 220	468	Holz	1520,—	Hoch- u. Tieftonlautspr.
ZERDIK	247 U	Kleinsuper	6	2	UCH 21, UCH 21, UBL 21, UY 1 (N)		GW	110, 220	452	Kunststoff	990,—	
	348 A	Super	6	2			GW		468		1550,—	

Röhrenkartei als Beilage eingelegt